

Manutenção Preventiva numa Indústria Metalomecânica

Marco Pinheiro Oliveira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Armando Leitão



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2018-01-21

“Your time is limited, so don’t waste it living someone else’s life.”

Steve Jobs

Resumo

Do ponto de vista de um engenheiro, garantir a correta manutenção de equipamentos industriais equipara-se à prescrição de um estilo de vida saudável a um paciente pelo seu médico, a curto prazo não haverá resultados diferenciadores, mas a longo prazo será a diferença entre a vida e a morte do seu paciente. Assim, junto da empresa Moldin, sobre a qual se centra este projeto, surge a necessidade de implementar estratégias de manutenção preventiva, de forma a manter um ambiente saudável dentro da mesma aliado a padrões de produção e qualidade elevados.

A Moldin apresenta-se como uma empresa reparadora de moldes para um dos principais *players* da indústria vidreira apresentando a necessidade de possuir a sua capacidade de produção sempre na máxima disponibilidade, visto não ser capaz de influenciar o fluxo de matéria-prima que entra nas instalações. A abordagem adotada focou-se inicialmente no processo produtivo, de forma conhecer e a perceber qual a importância dos diferentes equipamentos na reparação dos moldes e posteriormente nas políticas, praticamente inexistentes, de manutenção preventiva. Posto isto, foi necessário realizar uma pesquisa e análise crítica dos elementos encontrados, de forma a ser possível criar listas de tarefas com as periodicidades adequadas para cada equipamento. Por fim, estes planos de manutenção foram ainda implementados no sistema *Enterprise Resource Planning* (E.R.P.) da empresa.

O projeto desenvolvido não seria possível sem o envolvimento de todos os colaboradores da empresa em todos os níveis hierárquicos, na expectativa que resulte numa mudança de mentalidades quanto à necessidade de implementação de mais ferramentas que permitam o desenvolvimento desta unidade industrial.

Preventive Maintenance in Metalmechanic Industry

Abstract

Assuring a correct industrial equipment's maintenance is like a doctor prescribing a medical a healthy lifestyle to his own patient. In short term, it might seem that it is not delivering overwhelming results, but in long term, it will be the difference between life and death of his patient. Bearing this, Moldin, the company where this project took place, has the necessity to implement preventive maintenance strategies, in order to maintain an healthy environment inside the company, aligned with high production and quality patterns.

Moldin is a company specialized in repairing moulds for the glass industry. Since it has the necessity to have his own production capacity always in maximum availability, most of the times they fall in short in terms of being capable of deciding the flow of raw material which gets into the installations.

The initial approach focused on the productive process, in order to understand the importance of all equipments in the moulds maintenance and then in the methodologies of preventive maintenance being used. After this, an exhaustive research and critical analysis of the elements found were performed, creating then task lists with all proper periodicities for every equipment. Lastly, this maintenance plans were implemented in the E.R.P system.

The whole project would not be possible without the involvement of all staff in every hierarchical level, with the expectation that this might be the mentality change needed to start implementing more tools to allow the development of this industrial facility.

Agradecimentos

Ao Professor Armando Leitão por todo o apoio prestado e orientação fornecida ao longo deste projeto.

À Moldin, em especial ao Miguel, ao Bruno e ao Pedro, pois para além de me terem guiado, ensinaram-me muito sobre o mundo empresarial e fizeram-me crescer ao longo destes 4 meses.

Aos meus amigos, aqueles que estão sempre lá, aqueles que sabem quem são e que seria injusto nomear um a um, aqueles de quem se sente falta por não se ver todos os dias como outrora, por me apoiarem ao longo destes anos e de serem capazes de adicionar um pouco de estupidez à minha vida.

À Inês, por toda paciência, toda a capacidade de manter a minha sanidade mental, toda a disponibilidade ao longo de todo este tempo e acima de tudo, por todos os momentos.

À minha família, por me educarem, por me transmitirem todos os ensinamentos possíveis e impossíveis, por fazerem das tripas coração para que nada me faltasse e por terem feito de mim aquilo que sou hoje.

O meu muito obrigado,
Marco P.O.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	BA Glass	1
1.2	Moldin.....	2
1.3	Enquadramento e motivação	3
1.4	Metodologia seguida	4
1.5	Estrutura.....	4
2	Contextualização teórica	6
2.1	Manutenção	6
2.1.1	Objetivos.....	6
2.1.2	História.....	7
2.1.3	Tipos de manutenção	7
2.2	Fiabilidade.....	9
2.2.1	Taxa de avarias	10
2.2.2	Distribuição de Weibull	12
2.3	Metodologias utilizadas em sistemas reparáveis	14
2.3.1	RCM.....	14
2.3.2	TPM	14
3	Análise ao problema.....	18
3.1	Tipos de Moldes	18
3.2	Postos de trabalho	19
3.3	Descrição do processo produtivo	19
3.4	Ferramenta Informática	21
3.5	Manutenção praticada.....	21
4	Aplicação de conceitos e estratégias.....	23
4.1	Planeamento.....	23
4.1.1	Dados	23
4.1.2	Organização	24
4.1.3	Planos de manutenção	25
4.2	Implementação.....	26
4.2.1	Formação.....	28
5	Conclusões.....	29
6	Referências	31
	ANEXO A: Fluxo de moldes de principiar soprado-soprado dentro da Moldin	32
	Anexo B: Plano de manutenção anual para máquina de granalhar	33
	Anexo C: Estado do planeamento de intervenções	34
	Anexo D: Síntese do planeamento das intervenções através do gráfico de Gantt	35

Siglas

CP – Cabeçote de polimento

DMO – Department mould office

EF – Engenho de furação

ERP – Enterprise resource planning

F – Fresadora

G – Máquina de granalhar

MTBF – Mean time between failures

MTTR – Mean time to repair

PS – Moldes de principiar-soprado

RCM - Reliability Centered Maintenance

SS – Moldes de soprado-soprado

T – Torno CNC

TC – Torno convencional

TI – Tecnologias de informação

TPM – Total Productive Maintenance

UM – Unidades monetárias

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização das fábricas da BA.....	2
Figura 2 - Hierarquia da Moldin.....	3
Figura 3 - Tipos de manutenção	8
Figura 4 - Objetivos da manutenção preventiva (Almada-Lobo 2013).....	8
Figura 5 - Curva da banheira	10
Figura 6 - Variação da vida característica (Almada-Lobo 2013)	13
Figura 7 - Variação do fator de forma (Almada-Lobo 2013).....	13
Figura 8 - Pilares do TPM (Almada-Lobo 2013)	15
Figura 9 - Processo produtivo PS	18
Figura 10 - Processo produtivo SS	18
Figura 11 - <i>Layout</i> da Moldin.....	19
Figura 12 - Fluxo de moldes prensado-soprado dentro da Moldin	20
Figura 13 - Fluxo de moldes finais dentro da Moldin	20
Figura 14 - <i>Layout</i> registo de avarias	23
Figura 15 - Agrupamento de equipamentos	24
Figura 16 - Sentimento dos trabalhadores para com os equipamentos.....	25
Figura 17 - Sistema de programação de intervenções para a máquina e cabine de granalhar..	27
Figura 18 - Passos criação estrutura para SAP	27

1 Introdução

Existe um provérbio Chinês que traduzindo, defende: “O melhor momento para plantar uma árvore foi há 20 anos, o segundo melhor momento é agora”. Esta mesma filosofia pode ser aplicável ao desenvolvimento e implementação de metodologias de manutenção preventiva numa unidade industrial. Deste modo surge a presente dissertação que visa descrever a organização de informação e implementação de um projeto de manutenção preventiva realizado em ambiente empresarial no âmbito da unidade curricular de Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial.

Este projeto concentrou-se essencialmente numa empresa nacional de correção de moldes para a produção de embalagens de vidro, a *Moldin, S.A.* integrante do grupo *BA Glass, S.A.*, onde foram organizadas e implementadas as políticas de manutenção.

Tal como referido, o *core business* da Moldin é a correção de moldes, servindo como unidade de apoio para as unidades industriais da BA para as quais tem a exclusividade de funcionamento, não podendo prestar o seu serviço a empresas fora do grupo.

O objetivo máximo deste projeto reflete-se numa mudança de paradigma na empresa relativamente à necessidade de realizar uma correta manutenção dos equipamentos e na massificação do controlo de custos de manutenção do parque de máquinas da Moldin, aliado à obtenção de níveis satisfatórios de produtividade.

1.1 BA Glass

A BA Glass, originalmente criada com o nome “Barbosa e Almeida”, iniciou a sua atividade no ano de 1912 apenas como comerciante de garrafas, tendo só em 1930 iniciado a sua atividade industrial com o nome “Fábrica de Vidros Barbosa e Almeida, Lda”. Em 1965, a sua produção seria de aproximadamente 350 000 recipientes de vidro por semana, sendo que atualmente é capaz de produzir cerca de 20 milhões de unidades diariamente nas suas fábricas espalhadas por 7 países. Esta produção abrange não só uma simples garrafa, mas sim um vasto leque de produtos, destacando-se recipientes para vinho, champanhe, cerveja, refrigerantes, bebidas espirituais, alimentos, azeite e fármacos.

O departamento de planeamento da BA estrutura geograficamente as fábricas em 3 grandes grupos: Ibéria, Alemanha & Polónia e Sudeste Europeu (Fig. 1). A Ibéria conta com 5 fábricas localizadas em Avintes, Marinha Grande, Venda Nova, Vila Franca de los Barros e León; a Alemanha & Polónia possui atualmente três unidades em Gardelegen, Jedlice e Sierakow; e por fim existem quatro unidades industriais no Sudeste Europeu localizadas em Atenas, Sofia, Plovdiv e Bucareste.



Figura 1 - Localização das fábricas da BA

Com este número de fábricas, para além da elevada capacidade de produção bruta, a BA possui uma elevada flexibilidade de produção, pois é capaz de alocar um forno à produção de uma determinada cor. Esta estratégia permite que se reduza o número de trocas de cores que ocorrem num forno, economizando assim o tempo da alteração de cor produzida, visto que a troca de cor possui um elevado tempo de *setup* devido a não ser possível a troca direta entre duas cores, por exemplo a troca de azul cobalto para verde esmeralda tem uma duração de aproximadamente 120h (Almada-Lobo, Oliveira e Carravilla 2008).

Estes fatores fazem com que BA se apresente atualmente como o 4º *player* a nível mundial na produção de embalagens de vidro, com clientes espalhados por todo o mundo. Para este facto, a visão da empresa, centrada na aliança entre as necessidades da própria BA e dos seus clientes, contribui imensamente, sendo a frase que traduz esta filosofia: “*Wrap Dreams Beyond Packing*”.

1.2 Moldin

Uma das etapas para a criação de embalagens de vidro é a utilização de moldes, na sua maioria de ferro fundido, de forma a moldar a matéria-prima fundida que é chamada de gota. Ao longo da sua utilização, estes moldes vão-se desgastando sendo necessária a sua manutenção, normalmente realizando um novo enchimento e maquinação do mesmo. Face ao crescente aumento dos preços de reparação destes mesmos moldes, em 2011 a BA decide avançar com a criação de uma pequena oficina metalomecânica independente das DMOs (departamentos de pequenas reparações de moldes presentes em todas as fábricas do grupo), a Moldin, com o objetivo de responder às necessidades das fábricas da Ibéria na reparação dos moldes utilizados e, ainda, fazer com os preços praticados pelos seus prestadores deste serviço baixassem.

Dado o sucesso alcançado pela Moldin, a mesma tem vindo a crescer e considera-se atualmente não uma simples oficina metalomecânica, mas sim uma unidade industrial, tendo no último ano mudado para novas instalações que lhe permitem crescer ainda mais, contando atualmente com 55 colaboradores, distribuídos pelos diferentes postos de trabalho que incluem fresadoras, tornos e bancadas de trabalho.

O facto de pertencer ao grupo BA permite à Moldin utilizar alguns elementos da estrutura da empresa mãe, como é o caso dos departamentos de recursos humanos, gabinete financeiro, tecnologias de informação e departamento legal, não sendo assim imputados custos à Moldin dos mesmos.

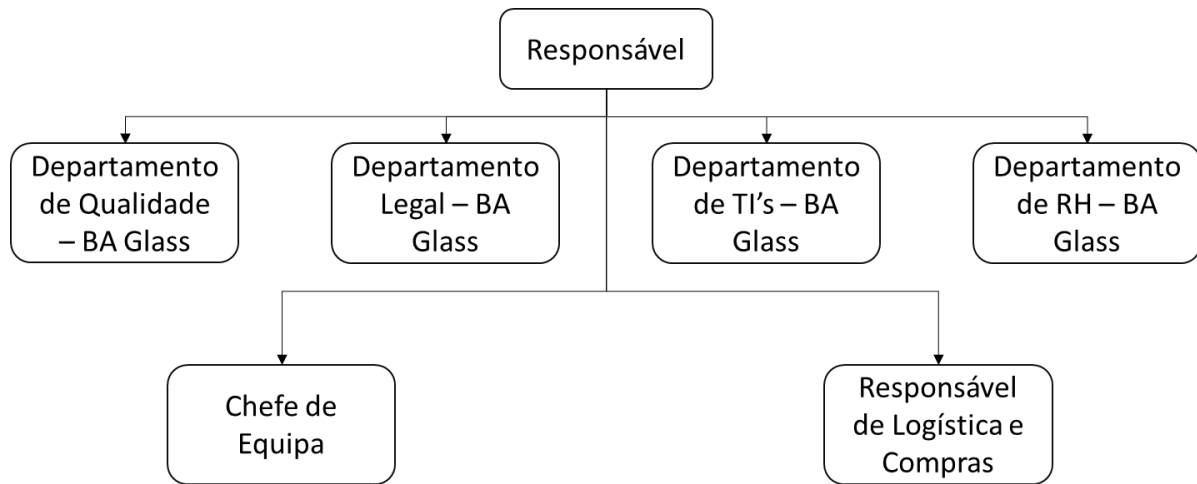


Figura 2 - Hierarquia da Moldin

Para além da partilha de parte da estrutura dentro do grupo, existe um forte auxílio em termos logísticos, nomeadamente com a unidade de Avintes, para a partilha de meios de transporte desde Avintes até às outras unidades industriais do grupo.

Por outro lado, toda esta cooperação possui as suas desvantagens, destacando-se a ausência de autonomia para procurar matéria-prima fora do grupo BA, fazendo com que a entrada de material esteja dependente do envio por parte das fábricas do grupo, que não possuem qualquer obrigatoriedade para trabalharem com a Moldin. Esta restrição leva a grandes oscilações no fluxo de trabalho, provocando épocas em que é necessário reajustar a presença de mão-de-obra durante o horário de normal funcionamento, ou pelo contrário, ocasiões em que horas extra se tornam recorrentes.

Tradicionalmente a fábrica de Avintes apresenta-se como a maior fonte de trabalho para a Moldin, dada a sua proximidade, seguida pelas restantes fábricas de Portugal, sendo que quanto maior a distância, menor será a probabilidade das fábricas recorrerem aos serviços desta reparadora, visto que a vantagem em termos de preço de reparação acaba por se diluir com o aumento de custos de transportes. Embora este registo se vá mantendo, começam a verificar-se alguns serviços para as unidades fora da Ibéria, normalmente associados a moldes viajantes, isto é, moldes que circulam por diferentes fábricas e que, anterior ou posteriormente a serem utilizados na região da Ibéria, se deslocam à Moldin para serem reparados ou alterados.

1.3 Enquadramento e motivação

Face ao crescimento da empresa, é expectável que o número de equipamentos industriais e a complexidade do sistema acompanhe este crescimento, bem como a ocorrência de avarias inesperadas devido à ausência de manutenção tendo como consequência quebras na produtividade. Neste sentido, a ocorrência deste tipo de situações imprevisíveis deve ser alvo de atenção e preocupação, já que estas quebras na produção podem representar elevadas perdas para a empresa.

Assim, este projeto surgiu da necessidade da empresa em possuir uma vasta estrutura de apoio à manutenção destes equipamentos, nomeadamente:

- listagem de *spare parts*;
- organização de *stocks* de *spare parts*;
- histórico de intervenções e de custos;
- organização, definição e descrição das intervenções a realizar;

- mudança de paradigma quanto à necessidade de realização das corretas intervenções junto dos equipamentos.

Com a implementação destas ferramentas, a empresa pretende que seja possível um controlo extensivo dos custos associados à manutenção de cada um dos equipamentos, tendo em conta que grande parte apresenta tempos de serviço elevados e encontram-se, assim, mais expostos a falhas. Por outro lado, é necessário manter ou aumentar os níveis de produtividade, evitando cair no erro de se realizar um número excessivo de intervenções, causando quebras na produção bem como o desperdício de recursos.

1.4 Metodologia seguida

O projeto na Moldin divide-se em duas fases:

- Fase de planeamento;
- Fase de implementação.

Na fase de planeamento é definido o estado atual, realizado o levantamento de equipamentos e processos e identificadas as áreas de atuação. É ainda elaborada a compilação das tarefas e das suas periodicidades para cada equipamento, criando assim os planos de manutenção. Posto isto, a fase de implementação avança com a integração destes mesmos planos de manutenção no sistema *Enterprise Resource Planning* (E.R.P.) da empresa.

Numa fase inicial, o projeto tem início com a análise dos diferentes processos que ocorrem na Moldin, tendo em vista perceber com maior detalhe cada uma das operações, bem como os equipamentos envolvidos. Em seguida, é realizada uma análise dos mesmos, onde se pretende identificar os equipamentos críticos da empresa, nomeadamente onde os custos de reparação são mais elevados e os que se apresentam como vitais para a instituição e, portanto, onde as melhorias a implementar devem ter prioridade. Após a conclusão do levantamento dos equipamentos, existe a necessidade de proceder ao estudo exaustivo dos mesmos através dos manuais e de fontes externas de forma a perceber qual a melhor forma, com que materiais e a periodicidade ideal para a realização das intervenções junto dos equipamentos industriais. Todo este trabalho deve ser realizado em parceria com os colaboradores e a direção, de forma a despistar e clarificar problemas que se levantem ao longo do estudo.

Encerrada a fase de planeamento devem ser discutidos e analisados os planos criados, de forma a decidir a sua implementação no sistema E.R.P. utilizado pela empresa. Nesta fase é necessário ter em consideração que o trabalho a realizar deve ser feito com o auxílio do departamento de tecnologias de informação da BA, devido à falta de *know-how* por parte dos elementos da direção da Moldin em relação ao módulo de manutenção do sistema SAP.

1.5 Estrutura

Finalizada a introdução onde ocorreu uma breve apresentação da empresa, no capítulo 2 é apresentada a contextualização teórica sobre o tema da manutenção preventiva bem como as ferramentas e metodologias usualmente utilizadas, especialmente em ambiente industrial.

Posteriormente, no capítulo 3 é descrito todo o processo produtivo da empresa, as ferramentas informáticas e ainda as metodologias de manutenção utilizadas.

No capítulo 4, são descritas e analisadas as diferentes etapas na organização da informação e criação dos planos de manutenção preventiva.

Para terminar, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões deste projeto, onde é feita uma análise global ao mesmo e avaliados os resultados obtidos. Para além disto, são apresentadas sugestões para desenvolvimento futuro.

2 Contextualização teórica

2.1 Manutenção

Segundo Monchy (1996), é possível estabelecer uma analogia entre a vida humana e a vida de uma máquina, identificando a manutenção como sendo “a medicina das máquinas”.

Já a Norma Europeia EN 13306:2010 alínea 1, designa a manutenção como:

“a combinação de todos os meios técnicos, administrativos e de gestão nas ações ao longo do ciclo de vida de um item de forma a preservá-lo ou a restaurá-lo até um ponto em que consiga realizar as funções expectáveis.”

A esta designação é conveniente adicionar que, para além de ter como objetivo preservar ou restaurar um item, a manutenção deve ter ainda como propósito melhorar esse mesmo item, seja em termos de disponibilidade, desempenho ou durabilidade.

Nesta mesma norma, a alínea 2 define ainda a gestão da manutenção como:

“todas as atividades de gestão que determinam os objetivos da manutenção, as estratégias, as responsabilidades e a sua implementação por meio do planeamento, do controlo e melhoria de atividades de manutenção e económicas”

Assim, seguindo a analogia de Monchy (1996) é possível perceber a importância da manutenção, devendo esta ser devidamente projetada de acordo com as necessidades da unidade industrial e recorrer-se à monitorização constante dos equipamentos e à recolha e tratamento de dados, tal como se da própria saúde humana se tratasse.

Posto isto, é possível compreender que num organograma estrutural, a manutenção deve interligar-se com todos os outros sectores da empresa, visto tratar-se de uma atividade que teoricamente deveria estar enraizada e integrada na organização.

2.1.1 Objetivos

Apesar do que se possa pensar, os objetivos principais para a manutenção não são consensuais junto da comunidade científica. Por um lado, existem defensores da tese que objetivo da manutenção se prende com a necessidade de garantir a máxima disponibilidade dos equipamentos (Farinha 1997). Por outro lado, os que apoiam o custo mínimo como objetivo primordial (Souris 1992).

Independentemente do principal objetivo, as teorias regem-se pelas mesmas linhas orientadoras, sendo elas:

- Maior qualidade dos produtos e serviços;
- Maior disponibilidade em termos de % de tempo em que o equipamento está disponível e sem falhas;
- Maior segurança envolvendo não só a segurança do operador, mas também a segurança do próprio equipamento;
- Redução de custos não só da manutenção em si, mas também dos custos operacionais, resultantes da realização ou não da manutenção.

Tendo em mente estas linhas orientadoras, é necessária sensatez e ponderação, por parte do departamento de manutenção, na decisão de quais os aspetos essenciais, assim como a frequência a ter em conta para os diferentes equipamentos de uma dada empresa (Pinto 2013).

2.1.2 História

Tal como no que aos objetivos diz respeito, a forma como se olha para a história da manutenção, depende da abordagem elaborada pelos diferentes autores, embora as diferentes perspetivas convirjam para um certo consenso reunido em torno de Moubray (1997) que refere a existência de 3 gerações, a que Mortelari et al. (2011), anos mais tarde, adiciona uma 4ª geração:

1ª Geração (revolução industrial – 1ª guerra mundial): período vigente desde a revolução industrial até à 1ª Guerra Mundial, época em que a produção era pouco mecanizada e a manutenção não era vista como um pilar das organizações. As técnicas de manutenção eram precárias consistindo em intervenções do tipo corretivas.

2ª Geração (1940 – 1970): com a diminuição da oferta de mão-de-obra resultante da 2ª Guerra Mundial, e com o aumento do consumo de todo o tipo de bens no pós-guerra, existiu a necessidade de aumentar os níveis de produção e de qualidade, levando desta forma à maior mecanização da indústria. Durante a época de 50 chegou-se à conclusão que garantindo o bom funcionamento dos equipamentos, seria possível evitar falhas, criando-se assim o conceito que conhecemos hoje como o planeamento da manutenção preventiva. Com isto, sentiu-se a necessidade de criar práticas de planeamento e gestão da manutenção. Mais tarde, durante as décadas de 60 e 70, através da indústria aérea militar dos Estados Unidos da América surgem as primeiras políticas de manutenção, a “Reliability Centered Maintenance” (RCM). É ainda nesta geração que surgem conceitos como a “curva da banheira” e a *Total Preventive Maintenance* (TPM).

3ª Geração (1980 – 2000): no início deste período, deu-se um crescimento das unidades industriais levando a que os sistemas se tornassem extremamente complexos resultando em custos de manutenção muito elevados. Além disto, com a competitividade do mercado e a intolerância para com tempos de paragem devido às novas filosofias como o *just-in-time*, tornou-se necessário recorrer a outras técnicas, meios e formas de planeamento e concretização da manutenção. Assim surge o conceito de manutenção condicionada. Para além disto, verifica-se uma crescente consciencialização relativamente a preocupações ambientais.

4ª Geração (2000 – dias de hoje): com a evolução da tecnologia hoje em dia é possível integrar a manutenção nos sistemas de controlo das empresas, através de soluções inteligentes que recorrem a sensores capazes de desencadear sistemas de autodiagnóstico e de redes neurais. Estes sistemas são capazes de garantir um maior controlo sobre os equipamentos e conferir um caráter dinâmico à manutenção de uma unidade industrial, permitindo assim o desenvolvimento da engenharia de manutenção.

2.1.3 Tipos de manutenção

Numa organização, os tipos de manutenção da Fig. 3 estão normalmente presentes, devendo, obviamente, existir uma boa relação Custo-Fiabilidade, de forma a que se estabeleça um equilíbrio dentro da mesma.

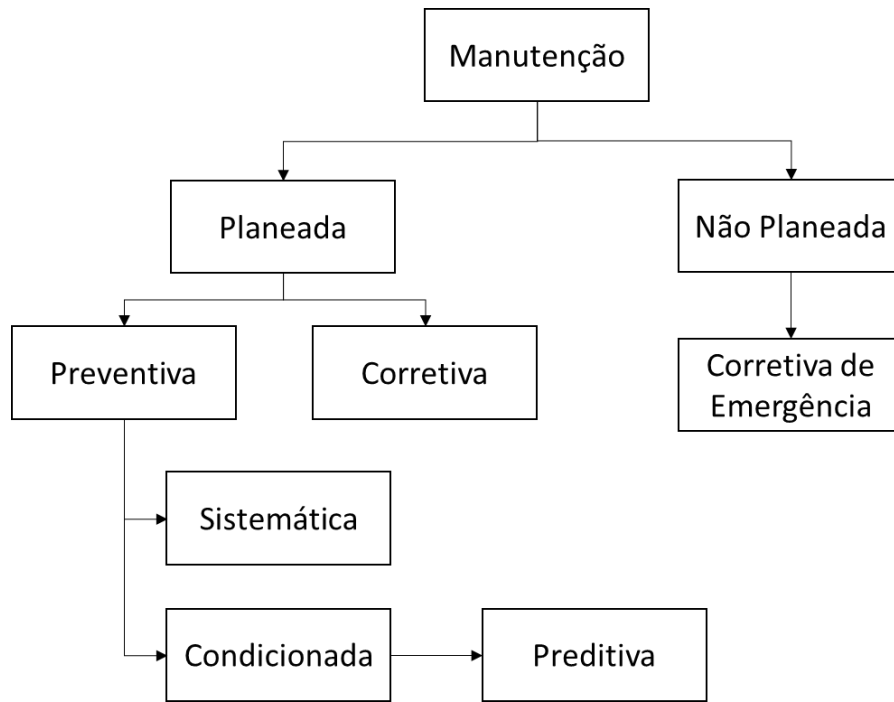


Figura 3 - Tipos de manutenção

Manutenção Planeada

Preventiva

Segundo a EN 13306:2010, a manutenção preventiva deve ser levada a cabo em intervalos pré-determinados de tempo ou através de critérios bem definidos (por exemplo: nº de ciclos de trabalho) com o intuito de reduzir a probabilidade de falha ou a degradação da tarefa realizada por um item. Smith (1993) descreve este tipo de manutenção como sendo a realização de determinados trabalhos planeados de forma a cumprir as especificidades dos equipamentos e sistemas de forma a manter a sua capacidade funcional e aumentar o seu ciclo de vida.

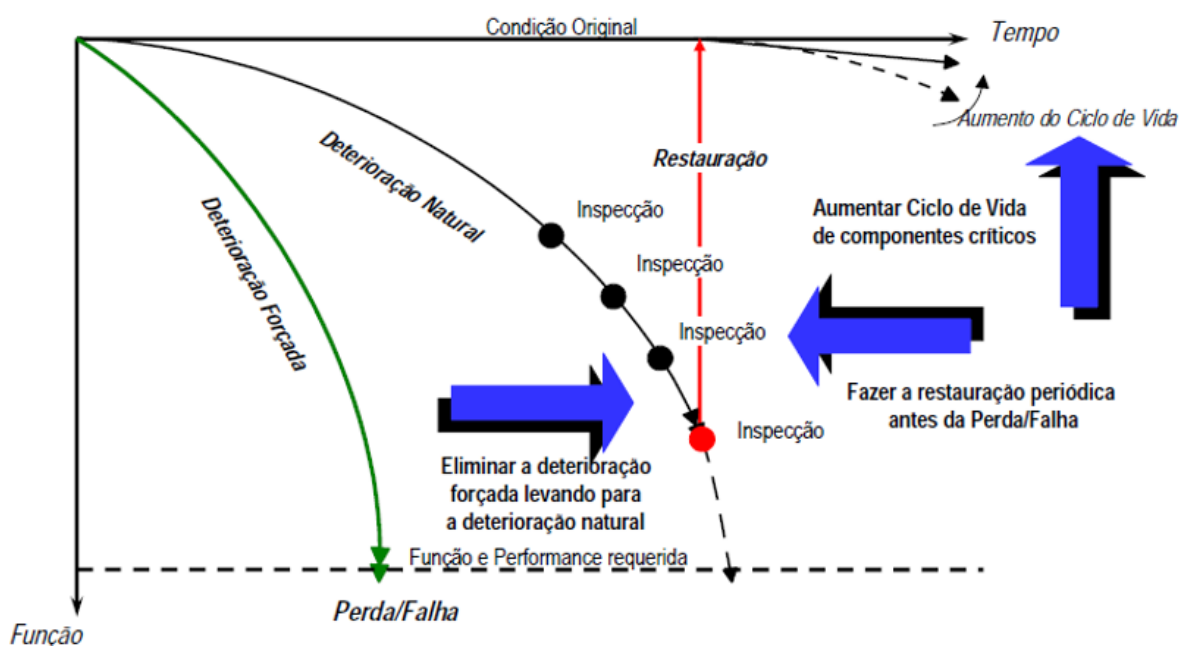


Figura 4 - Objetivos da manutenção preventiva (Almada-Lobo 2013)

Este tipo de manutenção divide-se ainda em duas subcategorias: a manutenção preventiva sistemática e a manutenção preventiva condicionada (Norma Europeia 2010).

A **manutenção preventiva sistemática** é levada a cabo de acordo com um intervalo de tempo ou número de ciclos de trabalho de um equipamento, sem ter em conta quais as condições em que se encontra o mesmo.

Já a **manutenção preventiva condicional** oferece uma estratégia que combina a monitorização, inspeção e teste do equipamento de forma a que seja possível utilizar o item no estado de funcionamento esperado.

Existe ainda uma variante da manutenção preventiva condicional, a **manutenção preditiva**. Esta segue previsão conseguida a partir de repetidas análises das características conhecidas e avaliação de parâmetros fundamentais de degradação de um item.

Corretiva

A manutenção planeada corretiva acontece quando se identifica uma falha, mas a mesma não é imediatamente corrigida, optando-se por realizar de acordo com as regras pré-estabelecidas. Tem como objetivo colocar o item num estado em que possa realizar a sua função expectável (Norma Europeia 2010). Pode ainda ser realizada anteriormente ao início de funcionamento de um equipamento.

Manutenção não-planeada

Tipo de manutenção caracterizado pela ausência de planeamento que ocorre normalmente derivado de uma avaria espontânea, devendo recorrer-se aos planos de correção previamente definidos no caso de um acontecimento deste tipo (Lampreia, 2005).

A **manutenção corretiva de emergência** caracteriza-se por atuar diretamente sobre a causa de uma avaria, precedida de uma avaliação e de um diagnóstico.

2.2 Fiabilidade

Segundo a Norma Europeia (2010), a fiabilidade define-se como sendo a “aptidão de um item para cumprir a sua função dentro de condições estabelecidas durante um período de tempo definido” e acrescenta que “pode ser quantificado como uma probabilidade”. Assim, é possível traduzir a fiabilidade como a probabilidade de um item funcionar corretamente ao longo de um intervalo de tempo, representando-se por:

$$R(t) = \int_t^{+\infty} f(t) dt, t \in [0, t] \quad (2.1)$$

O estudo da fiabilidade, é realizado recorrendo ao uso de vários métodos e estatísticas, permitindo uma boa gestão de ativos de forma a maximizar o uso dos equipamentos através da maximização da disponibilidade e da *performance*, tendo sempre em vista o custo mínimo. Esta análise de fiabilidade está, no entanto, dependente da existência de históricos de intervenções para os equipamentos.

Existe ainda outra forma de representar a fiabilidade de componentes, utilizando a função de risco, que representa a probabilidade de existência de falha de um item no instante $t+\Delta t$, sabendo que até ao instante t ele sobreviveu. A função de risco é dada por:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.2)$$

2.2.1 Taxa de avarias

O valor da taxa de avarias ($\lambda(t)$) representa a variação esperada do número de avarias ao longo do tempo, se o número de avarias no intervalo entre 0 e t for definido por N(t), então, $E[N(t)]$ irá definir-se como o número esperado de avarias nesse mesmo intervalo, então:

$$\lambda(t) = \frac{d}{dt} [E\{N(t)\}] \quad (2.3)$$

Esta taxa de avarias pode ser decrescente, constante ou crescente e é considerável apenas para sistemas reparáveis.

Num dado equipamento, existem várias formas possíveis para representar a distribuição de avarias, embora seja expetável que o mesmo assuma um aspeto conhecido como “curva da banheira” (Fig. 6), visto ser a mais comum, em que é notória a existência de 3 fases distintas. Utilizando novamente a analogia utilizada por Monchy (1996), estas 3 fases irão corresponder à ocorrência de mortes em 3 alturas distintas, numa primeira fase à mortalidade infantil, numa segunda fase na vida adulta e por fim na velhice.

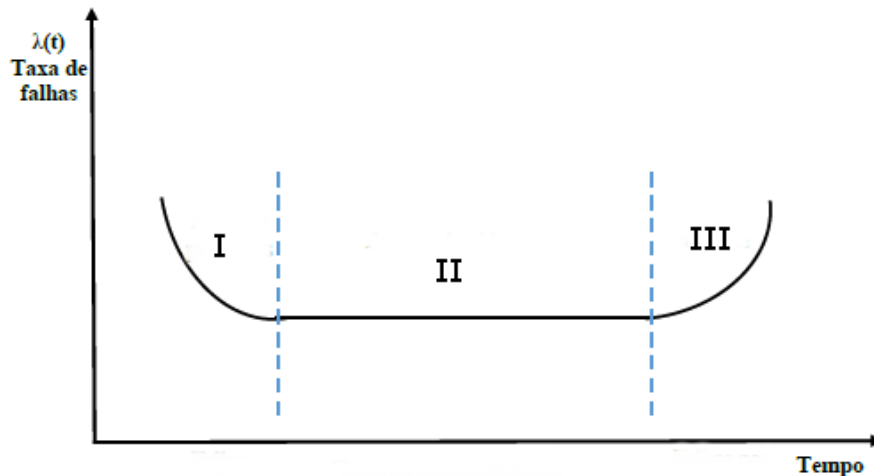


Figura 5 - Curva da banheira

Em termos mecânicos, as 3 diferentes fases são vistas como:

Fase I: conhecida como fase de juventude do equipamento, caracteriza-se pela existência de um elevado número de avarias registadas devido a fatores como falta de adaptação ao ambiente ou ausência condições/formação para o seu funcionamento. É também comum serem verificadas falhas deste tipo associadas a novos produtos, como é o caso de lançamentos de novos veículos automóveis.

Aqui, a taxa de avarias segue uma distribuição logarítmica passível de estimar através de:

$$\lambda(T) \rightarrow \hat{\lambda} = \gamma\beta T^{\beta-1} \quad (2.4)$$

Com γ e β calculados através do modelo de Crow, por:

$$\beta = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \ln\left(\frac{T_0}{T_i}\right)} \quad ; \quad \gamma = \frac{N}{T_0^\beta} \quad (2.5)$$

Em que N é o número de falhas, T_0 é o tempo total e t_i é o tempo de falha.

Fase 2: referida como fase de maturidade do equipamento, é designada como sendo a vida útil do equipamento de acordo com a sua utilização normal.

A taxa de avarias pode seguir uma distribuição de Poisson, em que:

$$\lambda(T) \rightarrow \hat{\lambda} = \frac{N(T)}{T} \quad (2.6)$$

Fase 3: chamada de obsolescência, apresenta uma taxa de avarias crescente devido ao equipamento na fase final do seu ciclo de vida, em que vai perdendo a sua capacidade de funcionamento.

Apesar de do ponto de vista teórico não existem motivos práticos para estimar esta taxa, isto é feito por:

$$\lambda(T) \rightarrow \hat{\lambda} = \frac{\alpha}{\eta^\alpha} T^{\alpha-1} \quad (2.7)$$

Com α e η calculados através do método da máxima verosimilhança (distribuição de Weibull).

Nos casos em que a taxa de avarias é constante, é possível utilizar este valor de forma a calcular um dos KPI's mais usado normalmente, o MTBF (*Mean Time Between Failures*), que representa o tempo médio entre avarias e relaciona-se com a taxa de avarias por:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.8)$$

Podendo ainda ser calculado através de:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total do sistema em funcionamento}}{\text{Número de avarias}} \quad (2.9)$$

Existe ainda um outro KPI que recorre à análise dos tempos de funcionamento, o MTTR (*Mean Time To Repair*) que representa o tempo médio que determinado equipamento se encontra em reparação e que se calcula por:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total do sistema em avaria}}{\text{Número de avarias}} \quad (2.10)$$

Através destes dois KPI's é possível concluir sobre a disponibilidade associada a equipamentos em que são praticadas apenas intervenções do tipo corretivas, que representa um rácio em relação ao tempo em que o equipamento se encontra disponível (Pinto 2002), que se apresenta como:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (2.2)$$

Por outro lado, também é possível calcular a disponibilidade de uma forma mais geral, isto é, incluir todo o tipo paragens associadas à manutenção do equipamento, dada por:

$$Disponibilidade = \frac{T_{up}}{T_{up} + T_{down}} \quad (2.3)$$

Onde: T_{up} → Tempo em produção;

T_{down} → Tempo em paragem devido a manutenção.

2.2.2 Distribuição de Weibull

De forma a estudar a fiabilidade de um sistema, existem métodos estatísticos capazes de modelar a distribuição de avarias do sistema, nomeadamente a distribuição de *Weibull* que se destaca pela sua capacidade de adaptabilidade aos mais variados tipos de falha e por se ajustar a qualquer fase da curva da banheira.

Na distribuição de Weibull temos 3 expressões principais:

Equação de fiabilidade:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.4)$$

Função de risco – representa a probabilidade de falha num intervalo de tempo:

$$h(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (2.5)$$

Função de densidade de probabilidade:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} * \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}, t \geq 0 \quad (2.6)$$

Onde, segundo Duarte (2010), os parâmetros γ , η e β representam:

γ : chamado de fator de localização, permite localizar a distribuição ao longo do eixo temporal, ou seja, representa o momento inicial em que é considerada a monitorização das falhas, desta forma, normalmente assume o valor 0 quando a monitorização se inicia para $t=0$.

η : ao contrário do fator de localização, o fator de escala ou vida característica, influencia a distribuição de Weibull ao longo do eixo das ordenadas e permite indicar o tempo que leva 63,2 % da população a falhar.

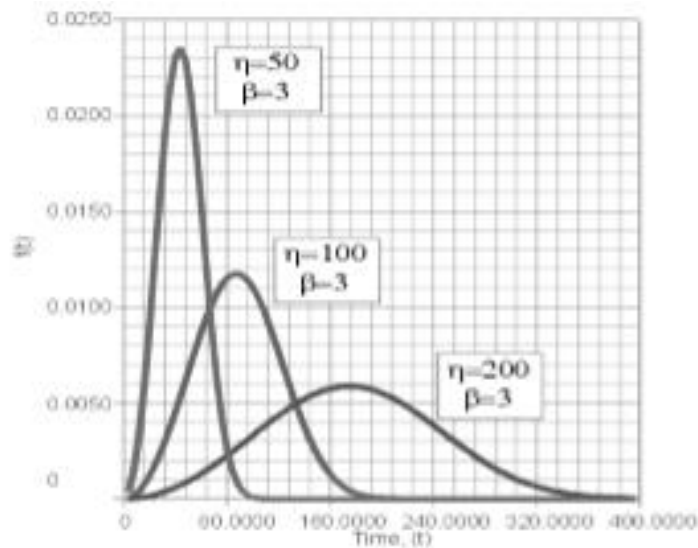


Figura 6 - Variação da vida característica (Almada-Lobo 2013)

β : fator de forma ou inclinação e traduz o mecanismo de degradação (física da falha) definindo a forma da distribuição. Através deste fator é possível concluir quanto à taxa de avarias, sendo:

- Para $\beta = 1$, então a taxa de avarias é constante;
- Para $\beta < 1$, então a taxa de avarias é decrescente;
- Para $\beta > 1$, então a taxa de avarias é crescente.

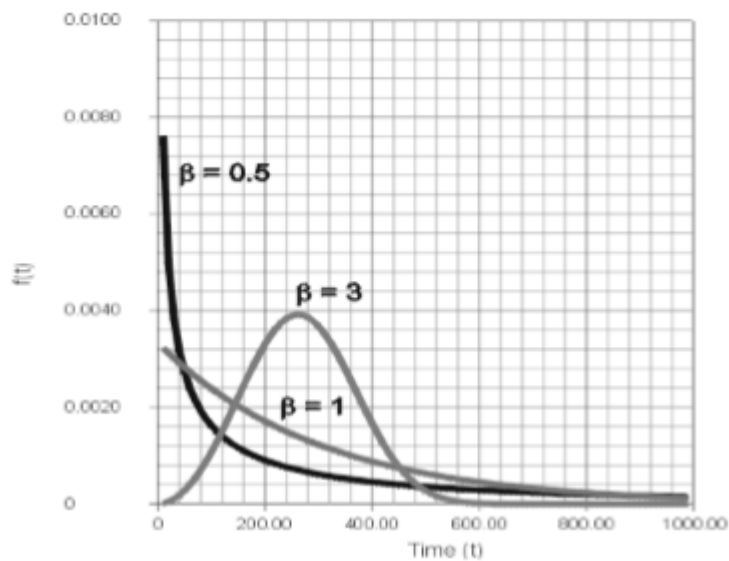


Figura 7 - Variação do fator de forma (Almada-Lobo 2013)

Para além disto, segundo Ferreira (1998) é possível ainda determinar o tipo de avaria:

- Para $1,5 < \beta < 2,5$, avaria ocorre devido a fadiga;
- Para $3 < \beta < 4$, avaria ocorre devido a desgaste.

2.3 Metodologias utilizadas em sistemas reparáveis

Entre as várias técnicas e metodologias de manutenção, existem duas que se destacam como sendo as mais comuns e as mais utilizadas, sendo elas a *Reliability Centered Maintenance* (RCM) e a *Total Productive Maintenance* (TPM). O RCM destaca-se como sendo um método mais operacional através da análise da fiabilidade de equipamentos e sistemas, enquanto que o TPM analisa a organização, os serviços, a disponibilidade e a eficiência dos equipamentos.

2.3.1 RCM

O RCM consiste numa filosofia que se baseia no uso de técnicas de fiabilidade para a otimização da relação custo-eficácia, garantindo que o sistema cumpre os requisitos em termos de fiabilidade e disponibilidade de forma a que se preserve a função dos bens. Para além disto, é essencial que o mesmo garanta elevados padrões de segurança e conhecimento dos riscos ambientais associados (Pinto 2002).

A análise através do RCM levanta 7 questões básicas a partir das quais se pretende que esta metodologia se desenvolva, sendo elas:

- Qual a função e performance do item?
- De que forma é incapaz de cumprir a sua função?
- Qual o motivo da ocorrência da avaria?
- Qual a consequência de cada avaria?
- Qual o impacto de cada avaria?
- Como é possível prevenir ou prever cada avaria?
- O que deverá ser feito caso não se encontre a medida de combate à avaria adequada?

Estas questões dividem-se em dois grupos (Moubray 1997):

As 5 primeiras questões correspondem à identificação das avarias, o seu motivo e consequências. Esta análise tem como nome *Failure Modes and Effects Critical Analysis* (FMECA).

As 2 questões finais recorrem à árvore lógica de decisão.

Segundo Sena e Pereira (2002), as respostas às questões colocadas pelo RCM, devem assentar em 3 conceitos fundamentais:

- Análise detalhada dos sistemas;
- Correta avaliação das consequências das falhas;
- Aplicação de diagramas lógicos de decisão para a escolha das tarefas de manutenção, tendo em conta as consequências das falhas e a viabilidade técnica e económica das tarefas.

2.3.2 TPM

O TPM surge na década de 70 no Japão, sendo um dos responsáveis pelo crescimento económico deste mesmo país. Esta filosofia tem como base primordial o uso dos 5S de forma a mobilizar, motivar e consciencializar toda a empresa para a necessidade de existir disciplina no local de trabalho.

Os 5S baseiam-se em 5 princípios fundamentais:

- Escolher (*Seiri*): remover da área de trabalho tudo o que não seja útil ao trabalhador;
- Organizar (*Seiton*): organizar de forma eficiente o local de trabalho;
- Limpar (*Seiso*): manter os equipamentos e local de trabalho limpos;
- Normalizar (*Seiketsu*): criar normas em termos de organização, limpeza e intervenções;
- Manter (*Shitsuke*): integrar toda a equipa e criar rotinas de forma a garantir a continuidade de toda a filosofia.

Com esta base dos 5S é possível o TPM surgir em torno de 8 pilares fundamentais, retratados na Fig. 9.

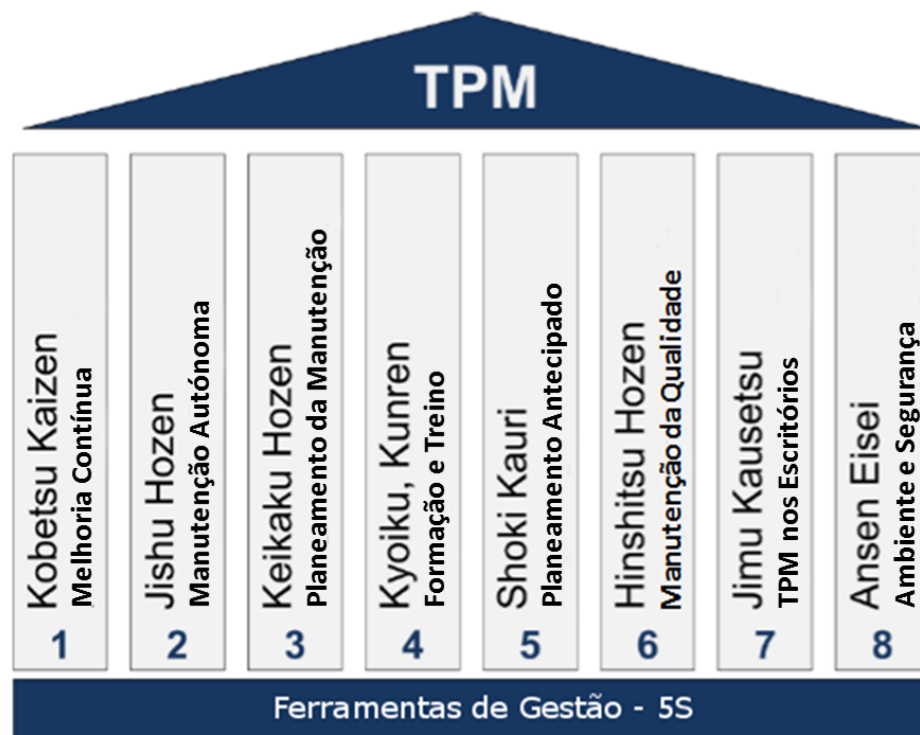


Figura 8 - Pilares do TPM (Almada-Lobo 2013)

Em seguida é apresentada uma breve descrição de cada um dos pilares do TPM:

- Melhoria Contínua: redução de desperdícios, identificação de condições ideais para o equipamento.
- Manutenção Autónoma: criação de condições e metodologias para limpeza e inspeção, efetuar controlo autónomo dos equipamentos.
- Planeamento da Manutenção: manutenção e inspeção periódica, manutenção preditiva, aumento do tempo de vida útil dos equipamentos.
- Formação e Treino: deteção e diagnóstico de avarias, ferramentas básicas da qualidade e controlo estatístico do processo.
- Planeamento Antecipado: análise de necessidades relativas aos novos equipamentos, formar operadores, integração do equipamento na filosofia da empresa.
- Manutenção da Qualidade: zero defeitos do produto.

- TPM nos escritórios: criação de condições para a implementação do TPM, planeamento das diferentes fases de implementação e da manutenção da filosofia.
- Ambiente e Segurança: formação em higiene e segurança no trabalho, definição de políticas ambientais.

Estes pilares resumem-se na melhoria e otimização do desempenho dos equipamentos através das alterações necessárias tendo em conta as condições e função do mesmo (Cabral 2006), e na redução das grandes perdas do sistema (Pinto 2013) seguindo as seguintes linhas orientadoras:

- Maximização da eficiência;
- Envolvimento e participação de todos os níveis hierárquicos;
- Motivação e aprendizagem na forma de trabalhar em grupo.

O principal KPI desta filosofia de trabalho é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) largamente utilizado pelo TPM pois analisa de uma forma simples a capacidade de medir a eficiência da produção dos equipamentos.

Este *KPI* é obtido da seguinte forma:

$$OEE = \text{Índ. de Desempenho} * \text{Índ. de Disponibilidade} * \text{Índ. de Qualidade} \quad (2.7)$$

Estes três índices que entram no cálculo do *OEE* são conseguidos da seguinte forma (Cabral 2006):

- Índice de Disponibilidade – relação entre o tempo efetivo de operação e o tempo disponível, sem incluir o tempo em que o equipamento se encontra numa paragem relativa a manutenção:

$$\text{Índice de Disponibilidade} = \frac{(\text{tempo total disponível} - \text{tempo em avaria})}{\text{tempo total disponível}} \quad (2.8)$$

- Índice de Desempenho – compara o número de unidades produzidas com o número de unidades que seria expeável produzir nesse mesmo tempo de ciclo, dada pela seguinte expressão:

$$\text{Índice de Desempenho} = \frac{n^{\circ} \text{ unidades produzidas}}{n^{\circ} \text{ de unidades expeável de produção}} \quad (2.9)$$

- Índice de Qualidade – fornece uma medida do número de peças não defeituosas produzidas pela máquina, ou seja, o número de peças que cumprem as especificações do cliente. Traduz-se na seguinte expressão:

$$\text{Índice de Qualidade} = \frac{(n^{\circ} \text{ de unidades produzidas} - n^{\circ} \text{ de unidades defeituosas})}{n^{\circ} \text{ unidades produzidas}} \quad (2.19)$$

Assim, o principal objetivo do TPM acaba por se resumir na eliminação de falhas, defeitos e outras formas de desperdícios (*muda*), maximizando o rácio do OEE.

Cada um destes 3 indicadores possui 2 grandes problemas que acabam por resultar numa perda de performance, que são conhecidos por “*Six Big Losses*”:

- Disponibilidade: perda de disponibilidade associada a tempos elevados de *setup* e de ajustes nas máquinas, ou seja, paragens planeadas e não planeadas;
- Desempenho: quando a velocidade de operação não corresponde à velocidade que o equipamento consegue produzir, é retratado por pequenas paragens e redução de rapidez;
- Qualidade: quando a produção do equipamento não corresponde às especificações do cliente, levando à necessidade de correção desses mesmos defeitos, normalmente apresentados como defeitos no arranque do equipamento ou defeitos esporádicos.

3 Análise ao problema

Neste capítulo é apresentado todo o processo produtivo da Moldin, dado que o problema exposto tem implicações em toda a empresa, bem como a descrição dos equipamentos utilizados, os moldes em que são realizadas atualmente as intervenções e ainda a apresentação do *software* utilizado, o SAP.

Antes de mais irão ser apresentados os tipos de moldes reparados na empresa, visto que as reparações realizadas nos moldes dependem do tipo de molde a ser tratado.

3.1 Tipos de Moldes

Os moldes utilizados na fabricação das embalagens de vidro por parte da BA dividem-se em duas grandes famílias: moldes de principiar (MP) e moldes finais (MF). Esta designação refere-se à fase em que são utilizados na fabricação, sendo que os moldes principiar dão a primeira forma à embalagem e os moldes finais conferem à mesma todos os pormenores e descrições. Nas figuras 10 e 11, nos 3 passos iniciais são utilizados moldes de principiar, enquanto que nos passos 5 e 6 são utilizados moldes finais.

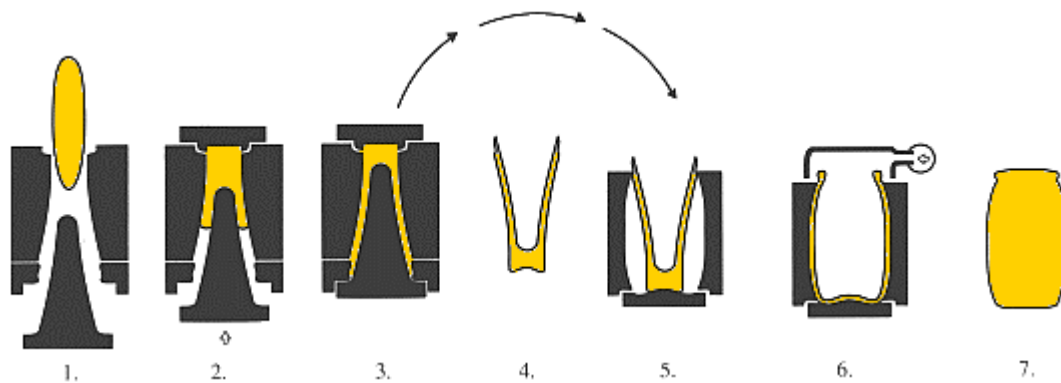


Figura 9 - Processo produtivo PS

Dentro destas famílias, é, ainda, possível encontrar-se outros dois subgrupos, Soprado-Soprado (SS) e Prensado-Soprado (PS), que se referem ao método utilizado para a produção das embalagens de vidro. O SS (Fig. 11) recorre a ar comprimido e vácuo para ajustar a gota ao molde, enquanto que o PS (Fig. 10) recorre a um punção juntamente com ar comprimido.

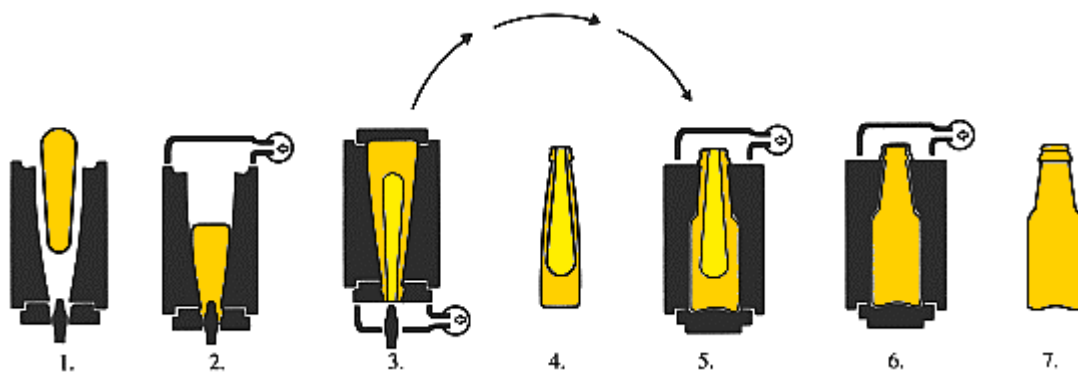


Figura 10 - Processo produtivo SS

Dadas as condições adversas a que são sujeitos estes moldes, é passível observar-se fissuras e vestígios de vidro na sua superfície, desgaste das inscrições, bem como entupimento dos furos usados para arrefecimento. Dentro das 4 variantes, os moldes principiar prensado-soprado são os apresentam um maior desgaste ao chegarem às instalações da Moldin.

3.2 Postos de trabalho

Na Moldin existem 5 grandes secções de trabalho (Fig. 13), divididas de acordo com a sua influência no tratamento dos moldes: soldadura, tornos, fresas, bancas e qualidade.

- Soldadura – composta por 4 bancas de soldadura com maçaricos de soldadura de projeção e fusão de pó de níquel com recurso à chama de acetileno e oxigénio, uma cabine de granalhar, uma máquina de granalhar e um cabeçote de polimento.
- Tornos – esta secção divide-se ainda em dois grupos, 8 tornos paralelos e 4 tornos CNC, sendo que os primeiros são equipamentos antigos, remontando o mais antigo remonta a 1967.
- Fresas – 5 fresas radiais que partilham o mesmo problema dos tornos convencionais, embora não seja possível especificar datas concretas.
- Bancas – 22 bancas com possibilidade de terem como equipamento um maçarico, 2 retificadores elétrico e 4 pneumáticos, embora nem todas possuam todos estes equipamentos.

Para além destes postos de trabalho existem outros equipamentos analisados apresentados como parte integrante deste desafio, nomeadamente 2 engenhos de furação, 2 pantógrafos, 1 empilhador, 1 stacker, 2 carrinhas, 1 sistema de filtragem de ar, 2 compressores e 1 secador.

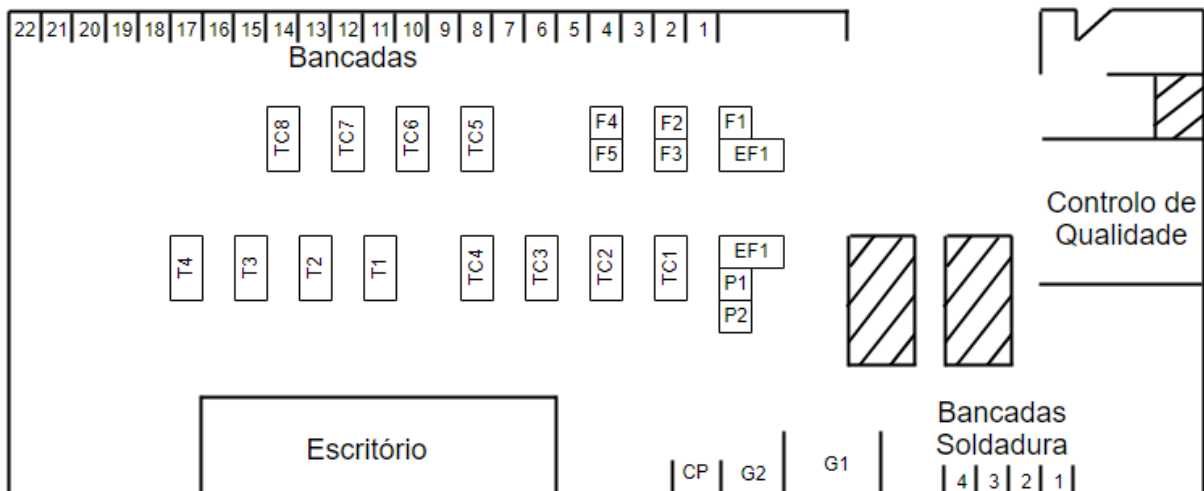


Figura 11 - Layout da Moldin

Em termos de colaboradores, a Moldin dispõe de 53 colaboradores sendo que apenas os operadores dos tornos CNC operam por turnos, estando estes equipamentos em funcionamento 16 horas por dia e os restantes 8 horas.

3.3 Descrição do processo produtivo

Aquando da chegada de uma coleção de moldes à Moldin, o percurso que estes irão efetuar dentro das instalações já está definido, pois existe um trabalho efetuado previamente, que permite saber quais as condições em que se encontram. Através do E.R.P. utilizado pela BA, o SAP, é possível estimar as condições dos mesmos através de dois fatores: a utilização e o número de fabricos.

Utilização – rácio percentual entre o número de garrafas produzidos por um molde e o número previsto de garrafas produzidos ao longo da sua vida.

$$Utilização = \frac{N^{\circ} \text{ garrafas produzidas}}{N^{\circ} \text{ previsto de garrafas produzidas}} \quad (3.1)$$

Número de Fabricos – número de vezes que o molde é montado na máquina para produção de garrafas e é independente do tempo que ele permanece em funcionamento.

Para além do desgaste dos moldes, o processo produtivo a que são submetidos depende também do tipo de molde em questão. Por exemplo, como os moldes de principiar prensado-soprado (Fig. 13) são os que apresentam normalmente um maior desgaste ao chegar às instalações, são também os que possuem um processo mais linear e mais definido.



Figura 12 - Fluxo de moldes prensado-soprado dentro da Moldin

Por outro lado, os restantes tipos de moldes possuem mais momentos em que é necessário decidir qual o próximo passo a seguir, tonando-se assim um processo mais complexo, como é o caso dos moldes finais soprado-soprado ou prensado-soprado (Fig. 14). No caso dos moldes de principiar soprado-soprado, o processo acaba por se situar a um nível intermédio em termos de complexidade (Anexo A).

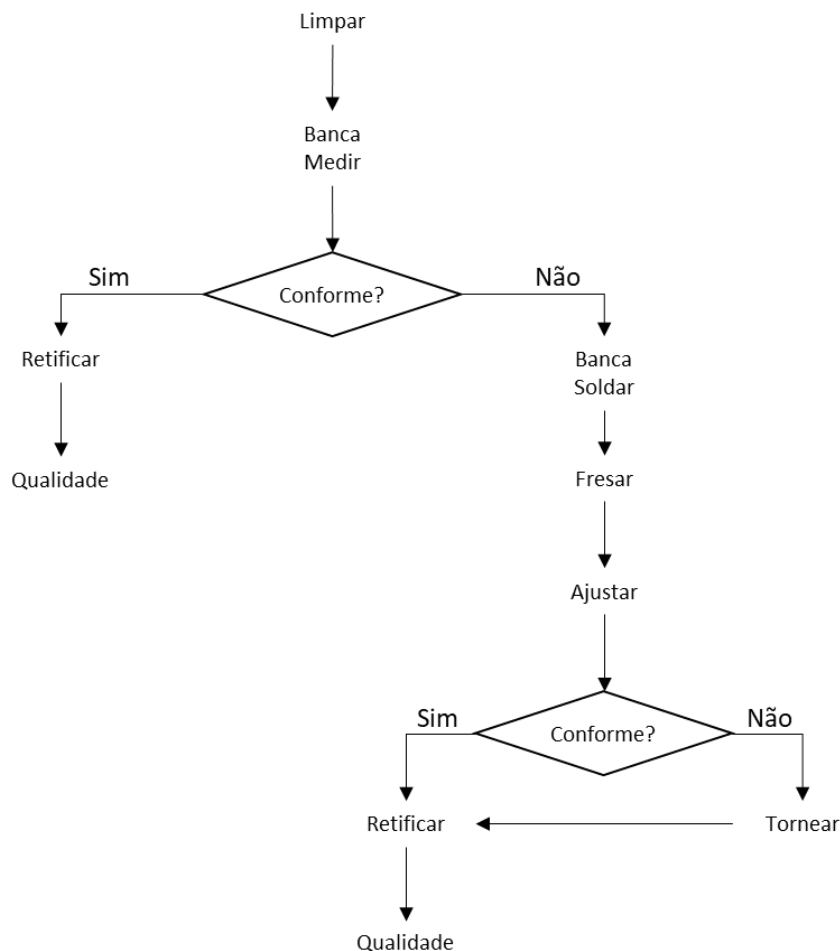


Figura 13 - Fluxo de moldes finais dentro da Moldin

Em seguida é apresentada uma breve descrição das etapas percorridas pelos moldes dentro da Moldin, sendo elas comuns a grande parte dos moldes.

Limpar: efetuar a limpeza dos moldes por abrasão com recurso à máquina de granalhar ou à cabine de granalhar. Tem como objetivo retirar impurezas e eliminar pequenas rugosidades das superfícies.

Soldar: devido ao desgaste dos moldes, é necessário efetuar o enchimento dos mesmos, para isso recorre-se à soldadura através da projeção e fusão de pó de níquel com recurso à chama de acetileno e oxigénio. No caso dos moldes de principiar prensado-soprado, são sempre remetidos para as bancas de soldadura, enquanto que os restantes necessitam de ser avaliados de forma a decidir se é possível realizar este enchimento nas bancas ou se necessitam de tratamento especializado das bancas de soldadura.

Fresar: remoção do excesso de solda, com recurso a fresas, dos pontos de contacto entre as duas partes de um molde.

Ajustar: trabalho realizado nas bancas de trabalho que consiste na retificação das superfícies maquinadas e/ou soldadas de acordo com as tabelas de tolerâncias fornecidas pelas fábricas.

Tornear: a maquinação com recurso aos tornos convencionais normalmente é suficiente para o tratamento do interior dos moldes, mas devido às tolerâncias mais restritas para os moldes de principiar prensado-soprado, é necessário que esta maquinação ocorra com recurso aos moldes CNC.

Retificar: polimento e uniformização das superfícies interiores dos moldes nas bancas de trabalho.

Qualidade: controlo de qualidade efetuado comparando as medidas apresentadas nos moldes com as tolerâncias fornecidas pelas fábricas.

3.4 Ferramenta Informática

A principal ferramenta informática utilizada pela Moldin é o SAP. Esta ferramenta, que se trata de um recurso empresarial de planeamento (E.R.P.), apresenta-se como um *software* fundamental dentro da empresa em termos de compras, transportes e finanças. Servindo como ponto de ligação nestes sectores entre a Moldin e a BA.

Para além dos módulos de “*Vendas e Distribuição*” e “*Finanças*” que são amplamente utilizados pela Moldin, existem muitos mais recursos disponibilizados por esta ferramenta que não são aproveitados, nomeadamente os módulos de “*Manutenção*”, “*Gestão de Materiais*” e “*Produção*”.

Aqui é possível encontrar uma lacuna por parte da BA, a não formação dos colaboradores da Moldin (quer a nível administrativo, quer a nível de produção) quanto à utilização desta ferramenta, levando ao subaproveitamento dos recursos disponibilizados.

Assim, é possível concluir que não existem quaisquer dados e / ou histórico a nível informático de intervenções ou paragens na produção. Para além disso, não existe acesso por parte dos colaboradores da Moldin ao sistema, à exceção da administração, recorrendo esta ao auxílio do departamento de tecnologias de informação de forma a colmatar a ausência de formação prestada nesta ferramenta à administração.

3.5 Manutenção praticada

Na generalidade, as intervenções realizadas nas instalações da Moldin, resumem-se a intervenções não planeadas, sendo na sua maioria alocadas ao segmento de manutenção

curativa descritas na secção 2.1.3, exceto para dois elementos, que são considerados críticos para a empresa: o empilhador e a máquina de granalhar.

Para estes equipamentos, as intervenções preventivas realizadas centram-se em torno de limpezas e verificações de alguns componentes, realizadas semanalmente em que não existe qualquer ajuste das tarefas a realizar em função da sua periodicidade. Para além disto, os alertas associados a estes planos de manutenção, são realizados através da ferramenta *Microsoft Outlook* conectado a um utilizador, não estando por isso garantida a continuidade do sistema de alertas face à ausência deste mesmo utilizador.

Os restantes equipamentos, apesar de apresentarem um estado aceitável de limpeza, muitas vezes apresentam problemas graves, nomeadamente a nível de fugas de fluidos, vibrações indesejadas e problemas nos sistemas de comando. Para além disto, estes problemas são não raras vezes negligenciados ou muitas vezes simplesmente “remendados”, resultando em avarias posteriores associadas a estes problemas, daí a predominância da manutenção curativa nas instalações.

4 Aplicação de conceitos e estratégias

Tendo em conta o problema apresentado pela empresa, considerou-se que a implementação de parte da filosofia TPM se enquadrava nas circunstâncias encontradas e ia ao encontro do trabalho futuro delineado pela empresa. Assim, tomou-se a iniciativa de selecionar alguns dos pilares do TPM, sendo eles:

- Formação contínua;
- Planeamento da manutenção;
- Manutenção autónoma;
- TPM nos escritórios.

Neste capítulo irá ser descrito todo o processo de delineamento destas estratégias capazes de responder à necessidade da empresa de implementar políticas de manutenção preventiva tendo em conta todas as condicionantes encontradas.

4.1 Planeamento

4.1.1 Dados

As filosofias e metodologias apresentadas no capítulo 2, apresentam uma grande restrição: a dependência de dados relativos a avarias, dados esses que eram inexistentes na Moldin. Esta organização não apresentava qualquer registo de paragens de equipamentos, quer com intervenções planeadas ou não planeadas, ou mesmo as quantidades de peças extra em *stock* no seu armazém.

Caso fosse possível obter este histórico de avarias e conseqüentemente os tempos em que ocorrem as avarias, seria possível estimar a taxa de risco. Caso se verificasse uma taxa de risco crescente, então faria sentido realizar as medidas de substituição preventiva. Por outro lado, caso fosse apresentada uma taxa de risco contante ou decrescente, então tal já não faria sentido.

Posto isto, foi criado um sistema de registo de paragens (Fig. 15) de forma a que os colaboradores fossem capazes de descrever a situação encontrada para a sua posterior análise e introdução no E.R.P. Desta forma torna-se possível a criação de um histórico de avarias.

Registo Avaria

Colaborador: _____ Número: _____

Equipamento: _____

Equipamento inutilizado: Sim ___ Não ___ (Marcar com um X)

Descrição: _____

Data: ___/___/___ Assinatura: _____




Figura 14 - *Layout* registo de avarias

Através deste histórico e com o recurso à associação dos custos de manutenção, é possível verificar quais os equipamentos que apresentam grandes gastos em termos de reparações e estudar a rentabilidade do mesmo.

Foram ainda catalogados todos os itens essenciais para a realização das diferentes intervenções, bem como as quantidades requeridas no caso de lubrificantes. No caso dos componentes existirem nas instalações da Moldin, os mesmos foram identificados e associados ao seu equipamento correspondente. Para casos em que isto não acontece foi criada uma lista de compras onde são apresentados os componentes e a quantidade necessária, assim como os equipamentos onde estes componentes são necessários.

4.1.2 Organização

O outro grande desafio encontrado prendia-se com a ausência de dados técnicos relativos aos equipamentos, pois para além da antiguidade dos mesmos, não existem os respetivos manuais, em especial para os equipamentos de maquinação. Isto acaba por criar uma lacuna a nível de *spare parts* e intervenções específicas para cada equipamento.

Como tal, foi necessário recorrer ao agrupamento dos equipamentos por área funcional, aproveitando parte do que já se efetuava anteriormente. Desta forma, iria ser possível partilhar grande parte das tarefas recomendadas pelos fabricantes para equipamentos da mesma área funcional, bem como de algumas peças. A distribuição elaborada está presente na Fig. 16.

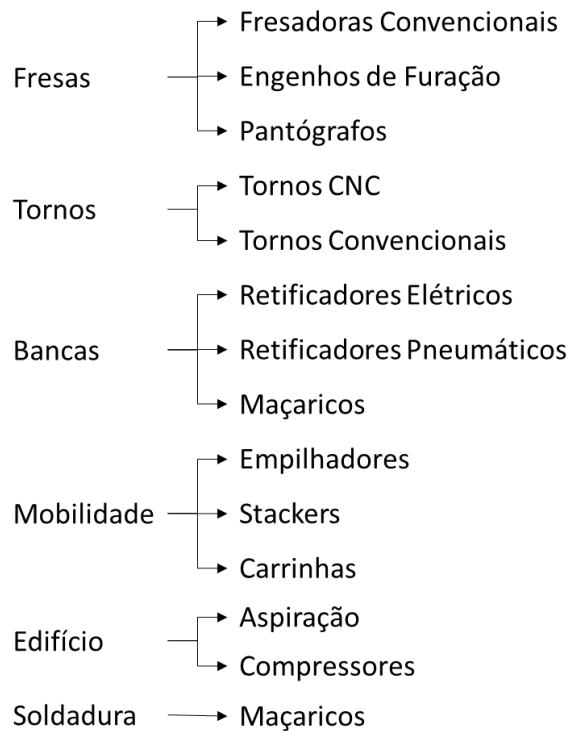


Figura 15 - Agrupamento de equipamentos

Porém, esta distribuição não resolve a lacuna quanto a *spare parts* específicas para cada equipamento. Para os equipamentos em que existem os manuais dos fabricantes, grande parte destas peças são conhecidas, para os restantes tal não acontece. Assim, a identificação dos componentes desconhecidos será efetuada de um modo gradual, isto é, aquando da avaria de um equipamento, procede-se à retirada dos componentes à qual se sucede a identificação do mesmo. Deve, ainda, salientar-se a ausência de abertura por parte das marcas para facultarem estes mesmos manuais, sendo que após o contacto referem sempre a necessidade de compra destes.

4.1.3 Planos de manutenção

Numa primeira abordagem foi necessário perceber quais as políticas implementadas na empresa, tal como descrito na secção 3.5. Para além disto, foi necessário perceber qual o sentimento de responsabilidade dos colaboradores em relação aos seus equipamentos. Este sentimento foi classificado numa escala representada de I (indiferente) a V (cuidadoso e preocupado), e agregado na Fig. 17.

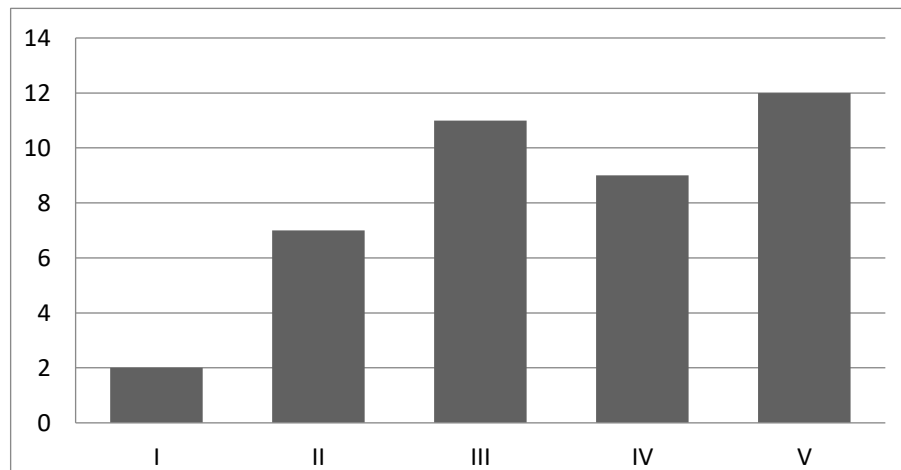


Figura 16 - Sentimento dos trabalhadores para com os equipamentos

Através da análise foi possível concluir que, na sua maioria, os colaboradores preocupam-se e cuidam do seu posto de trabalho, embora não possuam formação ou rotinas para as intervenções, têm o cuidado de, no mínimo, o manter limpo. Isto vai de encontro das necessidades expectáveis dos trabalhadores: possuírem formação e condições ideais para o funcionamento dos equipamentos e criação de metodologias de manutenção dos mesmos.

Por outro lado, do ponto de vista da organização é importante garantir o menor número de paragens possível dos equipamentos e transmitir para os colaboradores a responsabilidade de manter os equipamentos nas melhores condições possíveis de funcionamento.

Em apenas 4 meses registaram-se a paragem por avaria em 2 tornos paralelos, um torno CNC e da máquina de granalhar, sendo que estas paragens representaram intervenções que ascenderam a 10 mil UM, sem ter em conta os custos relacionados com perdas de produção.

Assim, de forma a criar planos de manutenção preventiva de acordo com as necessidades da empresa, dos colaboradores e dos manuais dos equipamentos, recorreu-se à divisão dos mesmos em 4 etapas de manutenção diferentes: limpeza, lubrificações, verificações e substituições. Dada a ausência de qualificação dos colaboradores para intervenções mais profundas, optou-se por não incluir nos planos intervenções mais complexas e recomendou-se à empresa o recurso a serviços externos.

De uma forma breve, em seguida são apresentadas as diferentes etapas de manutenção sugeridas:

- *Limpeza*: é sempre lembrado aos colaboradores a necessidade de manter os seus equipamentos nas condições ideais de limpeza, bem como na necessidade de periodicamente efetuarem a limpeza de certos componentes.
- *Lubrificações*: determinados equipamentos, em especial os equipamentos de maquinação, possuem necessidades vitais quanto a lubrificações, sendo necessário

determinar quais os fluídos a utilizar bem como a periodicidade em que deve ocorrer a reposição do lubrificante. Estas lubrificações ocorrem normalmente em superfícies de deslizamentos e caixas de velocidades.

- *Verificações*: criadas de acordo com os manuais dos equipamentos, estas verificações têm como função criar intervenções condicionais, principalmente para componentes como correias de tornos e fresas ou *o'rings* dos maçaricos. Existem ainda outras verificações que deverão ser tidas em conta que decorrem do funcionamento diário do operador, tendo em vista a deteção de vibrações, aquecimentos ou sons anormais. Idealmente, a manutenção preditiva deveria ser realizada no lugar destas verificações recorrendo a sensores capazes de detetar alterações no funcionamento dos equipamentos, mas tendo em conta que não existe investimento por parte da Moldin neste sentido, tal não é possível.
- *Substituições*: periodicamente existem componentes que dada a sua relevância necessitam de ser substituídos.

A grande maioria destas tarefas e as periodicidades em que devem ocorrer foram obtidas através dos manuais dos equipamentos, embora outras tenham sido conseguidas através de pesquisa em elementos externos sobre os equipamentos em questão ou semelhantes, ou com o auxílio dos colaboradores da produção, fortes intervenientes neste processo dado serem os elementos da Moldin que mais conhecimentos possuem em relação aos equipamentos com que lidam diariamente.

Apesar disto, é expectável que se mantenha a monitorização, análise e melhoramento das tarefas implementadas bem como das suas periodicidades, dado que poderá sempre verificar-se que determinada atividade não fará sentido nos moldes em que foi criada. Para além disto foi definido que todos os equipamentos num parâmetro mensal possuam uma tarefa definida como “Apresentação de sugestões para intervenções futuras”, onde deverão ser reportadas sugestões de alterações às tarefas por parte dos colaboradores.

4.2 Implementação

Relativamente à fase de implementação dos planos de manutenção descritos anteriormente, esta não decorreu da forma esperada inicialmente devido a problemas internos da própria empresa. Assim, surgiu a necessidade de criar duas soluções para responder à necessidade apresentada, uma recorrendo ao *Microsoft Excel*, outra recorrendo ao SAP.

A filosofia que suporta estas ferramentas apesar de ser semelhante apresenta algumas diferenças, principalmente devido à elevada complexidade associada ao SAP, que possui inúmeros recursos, nomeadamente a possibilidade de interligar *stocks* em armazém de componentes ou os fornecedores dos próprios materiais com os planos de manutenção. Devido a estes módulos não se encontrarem explorados pela própria empresa e não serem considerados como prioritários neste momento, não foram explorados durante o projeto.

Em relação à medição de tempo relativo à periodicidade das tarefas utilizados nas listas de tarefas, idealmente deveria ser utilizado um sistema de medição em função das horas de funcionamento de cada equipamento. Contudo, dada a ausência de automatismos capazes de medir estes tempos de serviço e de comunicar diretamente com o próprio SAP de forma a fornecer as leituras adequadas, foi necessário assumir uma média de horas de funcionamento diária, com o objetivo de realizar a medição do tempo em função do número de dias de atividade.

Em termos do *Microsoft Excel*, gerou-se uma base de dados com todos os equipamentos em estudo, associando-lhes as respetivas características, como por exemplo: marca, número de série, peso e operador responsável.

Com a criação desta base de dados, geraram-se funções capazes de interligar as datas das intervenções anteriores com o intervalo de dias entre intervenções de forma a ser emitido um alerta visual para o utilizador alertando-o para a necessidade de realizar uma manutenção com uma dada periodicidade para o equipamento em questão (Fig. 18).

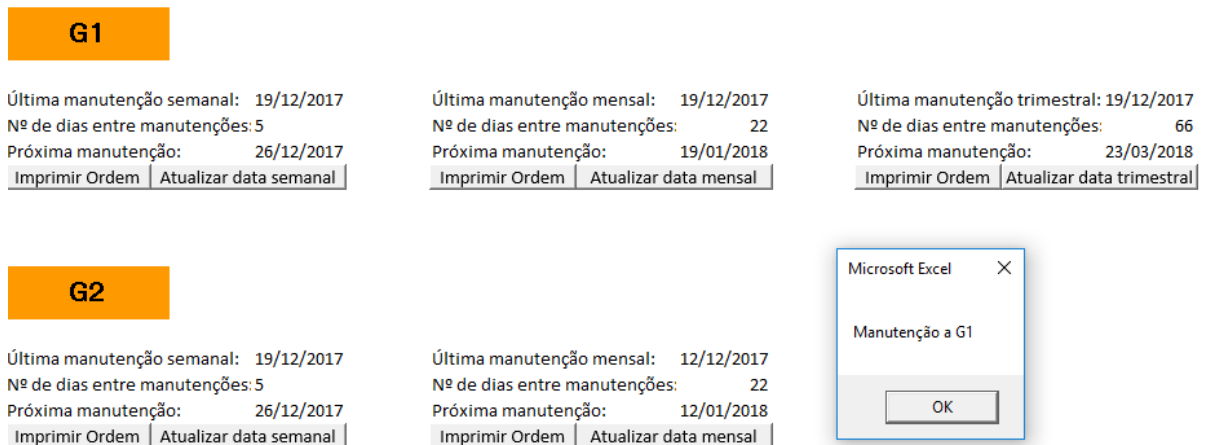


Figura 17 - Sistema de programação de intervenções para a máquina e cabine de granalhar.

Para além disto, foram integrados os próprios planos de manutenção de forma a que as folhas de controlo a serem distribuídas pelos colaboradores aquando das intervenções sejam semelhantes às apresentadas no Anexo B. Foi tida em atenção a necessidade de manter uma interface simplista e de fácil compreensão ao utilizador na elaboração de todo o programa, tendo sido para isso necessário recorrer à programação de *visual basic for applications* (VBA).

Em relação ao SAP, a implementação executada tornou-se semelhante ao que é desenvolvido pela BA para as suas unidades industriais, apesar de existirem fatores adaptados para a Moldin tendo em conta que existem diferenças óbvias em termos de processos produtivos e dos postos de trabalho envolvidos.

Os passos envolvidos para a criação da estrutura básica envolvente no SAP estão representados na Fig. 19.



Figura 18 - Passos criação estrutura para SAP

Adicionalmente, existem outras estruturas em SAP que foram identificadas e encontram-se prontas a serem utilizadas, nomeadamente o registo das avarias ocorridas, que permite o cálculo de custos associados tanto em termos diretos como a nível de perdas de produção, bem como o controlo das datas de planeadas para as intervenções, possível através da análise de uma lista que reporta o estado atual de todos os planos de manutenção (Anexo C) ou através da análise gráfica que possibilita a análise de lançamento de todos os planos de manutenção através de um gráfico de Gantt (Anexo D).

4.2.1 Formação

De forma a garantir que após a conclusão do projeto os responsáveis por lidar com este sistema não teriam de enfrentar problemas graves devido à ausência de *know-how*, foi criado um manual de utilização de SAP para o módulo de manutenção. Este manual apresenta todos os passos e todas as transações utilizadas de forma a que seja possível a qualquer colaborador proceder ao uso destas ferramentas. Para além disto, foi aconselhada a formação dos membros da administração pelo departamento de tecnologias de informação no módulo de manutenção do SAP.

Quanto aos colaboradores da produção, na sua maioria responsáveis pela manutenção dos seus próprios equipamentos, foram criados também manuais de manutenção, de forma a facultar aos colaboradores os passos a realizar para cada uma das tarefas e o que devem observar aquando das verificações.

5 Conclusões

Este projeto surgiu da necessidade da Moldin em organizar a informação e definir estratégias de manutenção para o seu parque de máquinas, de forma a manter a máxima disponibilidade possível e a obter níveis elevados de produtividade associados ao funcionamento esperado dos equipamentos envolvidos.

O projeto iniciou-se com uma fase de planeamento, onde foi analisado todo o processo que ocorre dentro da Moldin bem como a importância desta empresa no grupo BA Glass.

De forma a ser possível perceber o nível de integração da Moldin na BA, foi necessário analisar o processo produtivo que ocorre dentro das unidades industriais da BA onde operam os moldes utilizados como matéria-prima para a Moldin, permitindo assim perceber o funcionamento destes dentro das linhas de produção.

Relativamente ao processo existente na empresa sobre o qual incide o projeto foi ainda elaborada uma listagem de todos os equipamentos apresentados na mesma e criada uma estrutura de suporte capaz de assegurar a elaboração de um histórico de avarias para uso futuro.

Nesta fase de planeamento foi ainda feita uma pesquisa de forma a obter o maior número possível de detalhes técnicos relativos aos equipamentos que se encontram nas instalações, normalmente presentes nos manuais dos equipamentos. Dada a inexistência destes manuais nas instalações e à dificuldade para encontrar estes detalhes junto de outras fontes, esta catalogação acaba por se revelar com algumas lacunas.

Nesta fase ficou ainda evidente a inexistência de filosofias de manutenção preventiva na empresa a nível de mentalidade, sendo isto visível para todos os colaboradores, em todos os níveis hierárquicos. Dada a quantidade de alertas efetuados, é assumido que a alteração desta mentalidade já se tenha iniciado, embora seja necessário que se assegure a continuidade do empenho nesta mudança. As políticas de manutenção preventiva vivem do constante espírito crítico de todos colaboradores, de forma a atualizar e adaptar os planos de acordo com as necessidades destes mesmos colaboradores bem como da empresa, ainda que no futuro seja possível sustentar estes planos de manutenção de acordo com estudos de fiabilidade. Assim, é de realçar a importância que toma a administração neste papel de forma a ser responsável por dinamizar e incentivar os colaboradores a continuarem a colaborar nesta estratégia da empresa.

Após a conclusão do estudo teórico quanto às condições da empresa, deu-se início à fase de implementação das estratégias delineadas anteriormente nos sistemas informático existentes.

Com o início desta fase, a administração do departamento de *TI's* da BA demonstrou-se com pouca abertura para que esta implementação fosse realizada em SAP, devido à possível descontinuidade deste sistema. Assim, foi necessário procurar alternativas e criar um sistema capaz de conter os planos de manutenção consolidados, com a capacidade de ser *user-friendly* e com a possibilidade de alertar o utilizador para a realização de intervenções nos equipamentos. Assim, foi definido e criada uma base de dados em *Microsoft Excel* capaz de executar estas funções e com estas características.

Posteriormente, com o recuar da decisão quanto à possibilidade de utilização do SAP, foi definido que o sistema criado em *Excel* iria funcionar como *backup* em caso de necessidade e avançou-se para o plano delineado inicialmente envolvendo o SAP.

Por outro lado, a ausência de *know-how* por parte da administração no módulo de manutenção do E.R.P utilizado foi notório, que aliado à inexistência de disponibilidade por parte do departamento de tecnologias de informação da BA para auxiliar na implementação do projeto, resultou na necessidade de efetuar uma pesquisa quanto ao funcionamento do software. Esta mesma pesquisa revelou-se útil para a criação de um manual capaz de descrever o

funcionamento deste mesmo software, permitindo o auxílio da administração de forma a ser garantida a continuidade de utilização de todo este projeto.

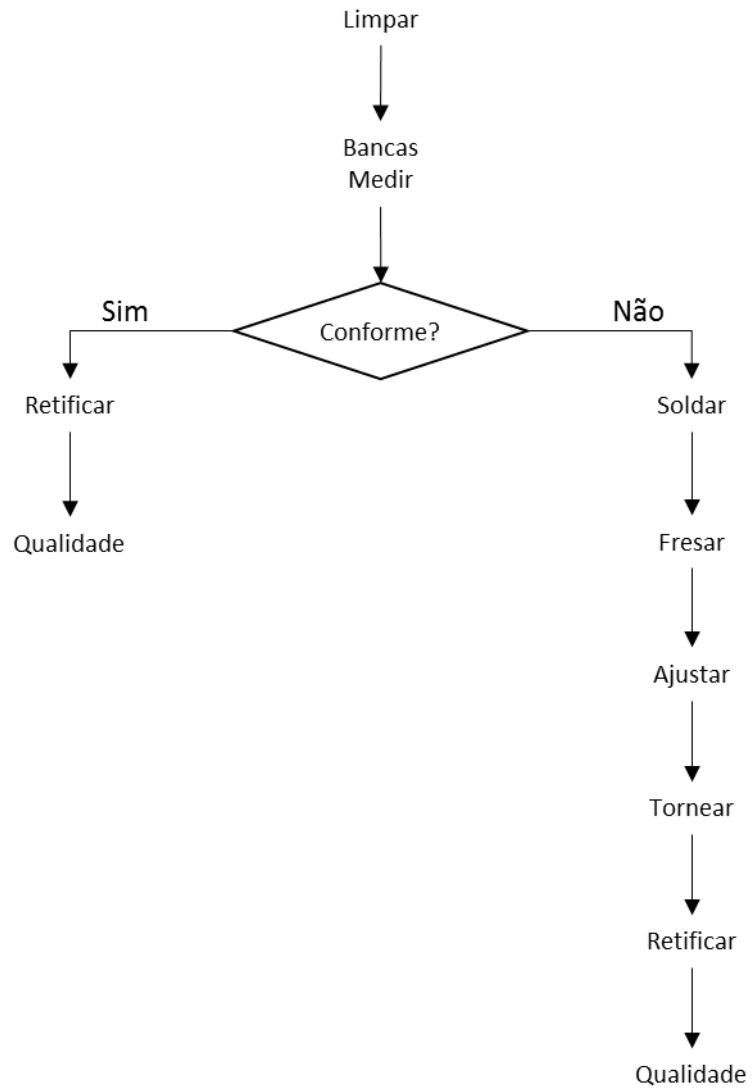
Em termos de trabalho futuro, é importante que a empresa mediante a ocorrência de avarias e a consequente paragem dos equipamentos, proceda à contínua atualização da listagem de componentes dos equipamentos e também da atualização do histórico de avarias, de forma a que a médio prazo seja possível avaliar a qualidade dos planos de manutenção preventiva criados e ajustá-los adequadamente através de estudos de fiabilidade.

Para além disto, em termos de TPM ainda existe um longo caminho até que seja possível assegurar a correta aplicabilidade desta metodologia, faltando explorar mais detalhadamente a melhoria contínua, garantir a manutenção da qualidade, promover a higiene e segurança e ainda garantir o planeamento antecipado de novas aquisições. Tendo isto em vista, as perspetivas para a continuidade deste trabalho na Moldin são positivas, dado esforço demonstrado para a alteração de mentalidades bem como o a aplicabilidade das ferramentas de 5S que neste momento se verificam.

6 Referências

- Almada-Lobo, Bernardo, José Oliveira e Maria Carravilla. 2008. “Production planning and scheduling in the glass container industry: A VNS approach”. *International Journal of Production Economics*.
- Almada-Lobo, Bernardo. 2013. “Planned Maintenance”. FEUP: Gestão da Manutenção.
- Cabral, J. 2006. *Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática...6ª ed.* Lidel
- Farinha, J. M. Torres. 1997. *Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares*. Livraria Minerva Editora.
- Lampreia, S. 2005. *Fiabilidade e Manutibilidade de Navios de Pequena e Média Dimensão*. FCT-UNL. Almada
- Monchy, François. 1996. *La fonction maintenance*. Paris: Masson.
- Mortelari, D., K. Siqueira, N. Pizzati. 2011. *O RCM na Quarta Geração da Manutenção de Ativos*. 1ª ed. RG Editores.
- Moubray, John. 1997. *Reliability-centered Maintenance*. 2ª ed. New York.
- Pinto, C. 2002. *Organização e Gestão da Manutenção*. 2ª ed. Lisboa: Monitor.
- Pinto, João Paulo. 2013. *Manutenção LEAN*. Lisboa.
- Sena, Francisco e Filipe Pereira. 2002. “Alguns Factores Determinantes na Actual Gestão de Manutenção.” *Revista Manutenção* nº 72: 10-14
- Souris, Jean-Paul. 1992. *Manutenção Industrial, Custo ou Benefício?*. Lidel.
- Standardization, European Committee for. 2010. EN 13306 - “Maintenance terminology – English Version”. Bruxelas.

ANEXO A: Fluxo de moldes de principiar soprado-soprado dentro da Moldin



Anexo B: Plano de manutenção anual para máquina de granalha

Equipamento: G1

Designação: CM1000/2T

Procedimento	Observação
Limpar depósito lateral de pó de granalha	Deve ser efetuado <u>diariamente</u> .
Verificar existência de fugas de granalha	Deve ser verificado <u>diariamente</u> . OK: __ NOK: __
Limpar depósito lateral de resíduos de grande granulometria	
Verificar filtros de aspiração - Limpar ou substituir	OK: __ NOK: __
Verificar grelha traseira de reintrodução de granalha no sistema	OK: __ NOK: __
Verificar nível de granalha	OK: __ NOK: __
Verificar / Limpar quadro eléctrico e cablagens	
Verificar estado das borrachas de protecção interior da camara de projecção	OK: __ NOK: __
Verificar pás do rotor	OK: __ NOK: __
Verificar estado das polias do rotor	OK: __ NOK: __
Verificar regulador	OK: __ NOK: __
Verificar distribuidor	OK: __ NOK: __
Verificar protecções de borracha do rotor	OK: __ NOK: __
Verificar tubos de aspiração	OK: __ NOK: __
Lubrificação dos suportes do elevador - Usar massa lubrificante	
Verificar tensão da correia do elevador	OK: __ NOK: __
Verificar estado das placas de aço de protecção do interior da camara de projecção	OK: __ NOK: __
Verificar / Substituir disco de protecção	OK: __ NOK: __

Data:

Manutenção realizada por:

Anexo C: Estado do planeamento de intervenções

Tipo	Texto de mensagem	TxtD
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3585 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Status "inativo" definido p/plano de manutenção 3586	?
<input checked="" type="checkbox"/>	Status "inativo" definido p/plano de manutenção 3586	?
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3589 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3589 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3589 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3590 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3591 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3592 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3593 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Status "marcação para eliminação" definido p/plano manutenção 3596	?
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3597 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3598 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3601 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3601 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Status "marcação para eliminação" definido p/plano manutenção 3602	?
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3603 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3604 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3605 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3606 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3606 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3607 programado	
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano de manutenção 3608 programado	

Anexo D: Síntese do planeamento das intervenções através do gráfico de Gantt

