

Melhoria de Processos e Manutenção inteligente de Ferramentas no âmbito do Indústria 4.0

Maria Inês Tavares Silva

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Armando Leitão

Orientador na empresa: Liliana Oliveira



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-01-28

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”

Albert Einstein

Resumo

O presente projeto tem o intuito de melhorar o planeamento da manutenção preventiva na Bosch Termotecnologia SA.

A necessidade do projeto surge pela variabilidade e instabilidade recorrente no planeamento das intervenções de manutenção, que se pode notar pela elevada percentagem de Manutenções Curativas. Uma das dificuldades no planeamento das Manutenções Preventivas é a incompatibilidade entre a periodicidade destas e a disponibilidade das ferramentas devido à grande variabilidade da produção.

Para colmatar esta dificuldade, foi criada uma ferramenta para estimação da necessidade de Manutenção Planeada e qual a periodicidade proposta, com base nos históricos de produção e de avarias das ferramentas.

No sentido de procurar a normalização do trabalho e partilha de conhecimento dentro da equipa, foram também criados Planos de Manutenção para ferramenta piloto.

No âmbito da Manutenção de Melhoria foram criados dois processos internos com o intuito de redução do número de Manutenções Curativas e custos associados a estas.

A receção da equipa às alterações foi boa, tendo participado ativamente nos projetos com bastante interesse.

Processes improvement and Tools Smart Maintenance in the context of Industry 4.0

Abstract

The following project has the purpose of improving the preventive maintenance planning in Bosch Thermotecnology SA.

The need for this project came from the constant variability and instability in the scheduling of the maintenance activities. This can be noticed by the high percentage of Curative Maintenance. One of the greatest difficulties of planning of the Preventive Maintenance is the incompatibility between the time scheduled interventions and the big variability of the levels of production in the course of the year.

To overcome this obstacle a tool was created to estimate the need of Planned Maintenance and, if so, what the periodicity recommended, based on the production history and failures of the tools.

In order to have standardization of work and the exchange of know how between the team, there were also created Maintenance Plans for the pilot tool.

Within the Improvement Maintenance there were created two internal processes with the goal of lowering the number of Curative Maintenances and the costs associated with them.

The team accepted very well the changes as they participated actively in the projects with a great deal of interest.

Agradecimentos

Em primeiro lugar tenho de agradecer aos meus pais por todo o esforço e dedicação. Por terem colocado a minha educação e a da minha irmã no topo das prioridades para que tivéssemos as melhores oportunidades e pudéssemos alcançar os nossos sonhos. Obrigada também por nunca terem facilitado em nenhum aspeto da minha vida porque sei que isso me deu uma característica que vai ser muito importante no meu futuro, a persistência. Obrigada também pela exigência que tiveram pois ajudou-me a ser exigente comigo própria e a querer fazer sempre o melhor.

À minha irmã por todo o suporte, tanto a nível académico como pessoal.

A toda a minha família por me motivarem e apoiarem ao longo de toda a minha vida e ajudarem-me a crescer e a ser quem sou.

Aos meus professores. Desde a Irmã Maria Augusta, por ter sido o mais exigente que poderia ter sido e me ter ajudado a criar bases. Aos Professores da FEUP por todo o conhecimento que me passaram.

Ao Professor Armando Leitão, orientador na FEUP, por todo o suporte dado.

À Liliana Oliveira, orientadora na Bosch, por todos os desafios colocados ao longo da estadia na empresa.

A toda a equipa da Ferramentaria, em especial ao Aguiar, por tudo o que me ensinaram e por todo o apoio dado.

À Catarina Silva pela formação em SAP que me deu.

À Joana Martins por todo o suporte e ajuda.

A todos os outros estagiários que me ajudaram a manter o espírito positivo.

A todos os meus amigos pelo apoio ao longo da vida e por me terem ajudado a manter o espírito positivo em todos os momentos difíceis.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Grupo Bosch	1
1.2	A Empresa – Bosch Termotecnologia S.A.	1
1.3	Enquadramento do projeto e motivação.....	2
1.4	Objetivos do projeto.....	3
1.5	Método seguido no projeto	3
1.6	BPS (Bosch Production System)	6
1.7	Outros Projetos na Bosch Termotecnologia.....	8
1.8	Estrutura da dissertação	8
2	Revisão Teórica	9
2.1	Manutenção	9
2.2	Tipos De Manutenção	10
2.3	Fiabilidade.....	12
2.4	Manutibilidade	12
2.5	Industria 4.0	13
2.6	Tipos De Ferramentas	16
2.6.1	Ferramentas Corte.....	16
2.6.2	Ferramentas de Embutidura.....	16
2.6.3	Ferramentas Progressivas	16
2.6.4	Ferramentas Combinadas	17
3	Descrição do problema - Situação Inicial	18
3.1	Organização do departamento.....	18
3.2	Seleção de Ferramenta para Teste Piloto	20
4	Desenho e Implementação da Solução Proposta	23
4.1	Melhoria de Processos	23
4.1.1	Mesa de Análise da Ferramentaria	23
4.1.2	TOP_X.....	26
4.2	Tools Smart Maintenance	29
4.2.1	Definição de ferramenta crítica	29
4.2.2	Avaliação de necessidade de Manutenção Preventiva	30
4.2.3	Planos de Manutenção	35
5	Conclusões e propostas de trabalho futuro	36
5.1	Propostas de trabalho futuro	37
	Referências	39
	Anexos.....	40

Abreviaturas

MTTR: *Mean Time To Repair* - Tempo médio para reparar

MTBF: *Mean Time Between Failures* - Tempo médio entre avarias

PDCA: *Plan, Do, Check, Act*

VSDiA: *Value Stream Design in Indirect Areas*

BPS: *Bosch Production System*

VSM: *Value Stream Mapping*

VSD: *Value Stream Design*

CIP: *Continuous Improvement Project*

FOL: *Flow-oriented layout*

TPM: *Total Productive Maintenance*

RCM: *Reliability Centered Maintenance*

RFID: *Radio Frequency Identification*

SAP: *Software de gestão de empresas*

WGTM_ORD: *Aplicação de gestão de ordens de trabalho*

OPL: *Open Point List*

FRP: *Folha de Resolução de Problemas*

Índice de Figuras

Ilustração 1 - A3 do Projeto Tools Smart Maintenance	4
Ilustração 2 - Cronograma da dissertação.....	5
Ilustração 3 - Estrutura do Bosch Production System[2]	6
Ilustração 4 - Princípios BPS [2]	7
Ilustração 5 - Módulos BPS ao longo da cadeia de valor [2]	7
Ilustração 6 - Ferramenta Piloto	21
Ilustração 7 - Fluxograma da Mesa de Análise da Ferramentaria	24
Ilustração 8 - Wear Table da Manutenção.....	25
Ilustração 9 - Wear Table da Manutenção II	25
Ilustração 10 - Exemplo de folha de registo do TOP_X	27
Ilustração 11 - Folhas de registo TOP_X na Ferramentaria	28
Ilustração 12 - Folha de registo para avarias do tipo "Outros" do TOP_X	28
Ilustração 13 - Ferramenta de apoio à Manutenção Planeada.	34
Ilustração 14 - Monitores com Planos de Controlo de produção	38
Ilustração 15 - Bancada de trabalho da Ferramentaria	38

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Número de manutenções por ferramenta.....	20
Tabela 2 - Total de minutos gastos em manutenção (2015).....	20
Tabela 3 - Exemplo de dados resultantes da análise TOP_X.....	26
Tabela 4 - Amostra de Ferramentas e componentes produzidos.....	30
Tabela 5 - Produção entre falhas	31
Tabela 6 - Produção média entre falhas após Análise ABC.....	31
Tabela 7 - Resumo dos dados obtidos para cada ferramenta.....	32
Tabela 8 - Materiais e Espessuras das Matérias-primas	32
Tabela 9 - Matriz de características de ferramentas e sua produção média entre falhas mínima	33
Tabela 10 - Matriz de características de ferramentas e sua produção média entre falhas máxima	33
Tabela 11 - Matriz de características de ferramentas e respetivo MTBF.....	34

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Percentagem de Manutenção Curativa e de Preventiva	2
Gráfico 2 - Pedidos de Manutenção da área da Ferramentaria (2015)	19
Gráfico 3 Número de Manutenções Curativas vs. Preventivas nos últimos 6 anos	19
Gráfico 4 - Número de pedidos de Manutenção curativa à ferramenta-piloto	21
Gráfico 5 - N° de Manutenções Curativas vs. Preventivas da Ferramenta Piloto	22

1 Introdução

1.1 Grupo Bosch

A empresa fundada em 1886, em Estugarda, por Robert Bosch, começou por ser uma “Oficina Mecânica de Precisão e Eletrónica”. Esta é agora um dos maiores grupos industriais do mundo e líder na área da tecnologia e dos serviços. A Bosch emprega aproximadamente 360.000 colaboradores mundialmente (a 1 de Abril de 2015) e gerou vendas de 49 mil milhões de euros em 2014.

O Grupo Bosch divide-se em quatro áreas de negócio: Tecnologia Automóvel, Tecnologia Industrial, Bens de Consumo e Energia e Tecnologia de Construção. A Bosch Termotecnologia SA está integrada nesta última – Energia e Tecnologia de Construção. Em 1932, a Junkers & Co foi integrada na Robert Bosch GmbH e marcou o início da Divisão Termotécnica, na qual se inclui a Vulcano - atual Bosch Aveiro (AvP).

Uma das grandes apostas do grupo em 2014, e que se prolongou para 2015, é a na inovação. Em 2014, a Bosch investiu 5 mil milhões de euros em investigação e desenvolvimento com o intuito de realçar a força inovadora da empresa.

Uma estratégia de foco na investigação e desenvolvimento é criação de soluções para a Internet das Coisas. Por outras palavras, interligar objetos e sensores através da internet com *software*. Além disso, a Bosch é o fornecedor líder de sensores *MEMS (Micro Electro Mechanical Systems/Sistemas Electromecânicos)*, que são a tecnologia chave para a Internet das Coisas.

A área de Energia e Tecnologia de Construção da Bosch, em 2014, representava 9 % das vendas do Grupo Bosch. A divisão de Termotecnologia fornece sistemas de aquecimento e soluções de água quente eficientemente energeticamente. [1]

1.2 A Empresa - Bosch Termotecnologia S.A.

A Vulcano iniciou a sua atividade em 1977 em Cacia, Aveiro, por iniciativa de empresários locais, funcionando com base num contrato de licenciamento com a Robert Bosch para transferência de tecnologia utilizada pela empresa alemã no fabrico de esquentadores *Junkers*.

Em 1988, a maioria do capital da empresa nacional - Vulcano – Bosch Termotecnologia SA - foi adquirida pelo Grupo Bosch e passa a integrar a divisão Termotécnica da Bosch, iniciando-se um processo de especialização dentro do Grupo.

A Bosch Termotecnologia é líder do mercado europeu desde 1992 e neste momento, é o segundo maior produtor a nível mundial de esquentadores. A empresa é hoje o Centro de Competência do Grupo Bosch para este tipo de produto, sendo responsável a nível mundial pela conceção e desenvolvimento de novos aparelhos.[2]

1.3 Enquadramento do projeto e motivação

A crescente necessidade de produção adaptada às necessidades dos clientes, apoiada numa política *Just-in-Time* e de *zero stock*, leva a uma utilização intensa de equipamentos e ferramentas. Isto dificulta o planeamento de manutenção preventiva e respetiva redução dos tempos de intervenção.

O desafio do departamento de manutenção é encontrar o equilíbrio entre o número de Manutenções curativas e Manutenções preventivas de modo a rentabilizar os recursos da empresa ao máximo e ocorrer no mínimo de custos possível.

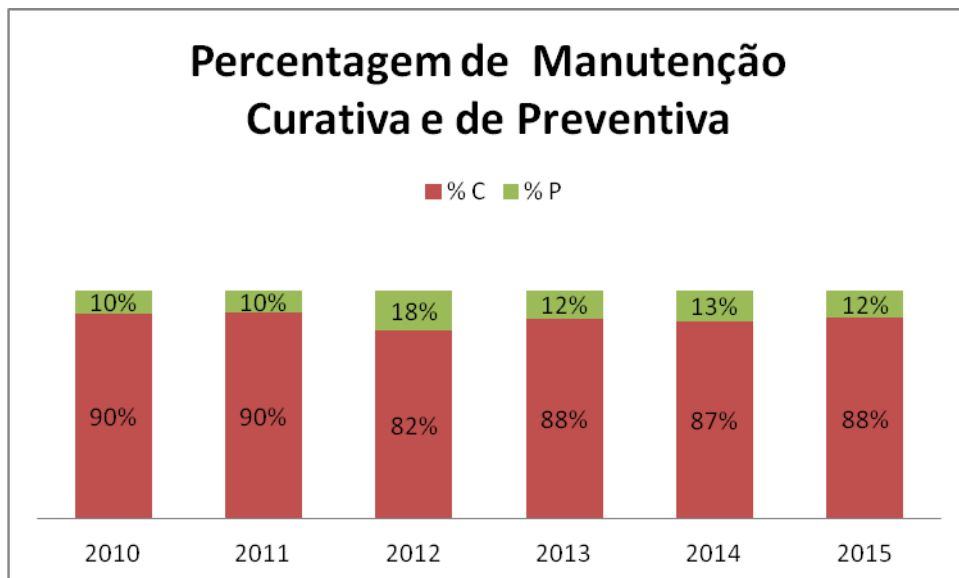


Gráfico 1 - Percentagem de Manutenção Curativa e de Preventiva

A realidade na empresa é uma percentagem maioritária do tempo e custos despendidos em manutenção no âmbito de Manutenções Curativas, Gráfico 1. Isto provoca paragens de produção, elevados MTTR's (*Mean Time To Repair*), indisponibilidade de material aquando da avaria e dificuldade de gestão e planeamento da equipa.

Uma das dificuldades no planeamento de Manutenções Preventivas é que a incompatibilidade entre periodicidade destas manutenções e a produção com grande variabilidade ao longo do ano. Isto leva a que a disponibilidade da ferramenta seja reduzida devido às suas altas solicitações e a que a sua disponibilidade não seja no momento de maior desgaste da ferramenta.

No sentido de tentar solucionar estes problemas, viu-se a necessidade de abordar novas metodologias de planeamento de manutenção, adaptar os sistemas de monitorização, análise de dados, previsão de necessidade de manutenção e planeamento de recursos materiais e humanos.

Alimentado pela estratégia de inovação da Bosch, foi, então, lançado o desafio de estudar a implementação do conceito Indústria 4.0 na área da Ferramentaria do departamento da Manutenção.

1.4 Objetivos do projeto

Este projeto tem como objetivo melhorar o planeamento da manutenção preventiva. Identificado pela equipa de Manutenção, nasce pela variabilidade e instabilidade recorrente no planeamento das intervenções às ferramentas que se pode notar no elevado número de manutenções curativas comparando com o número de manutenções preventivas. Pretende--se, assim, elaborar um processo que permita um melhor planeamento, diminuir o número de manutenções curativas e o tempo de paragens de linha.

Deste modo, para a necessidade identificada, os principais resultados esperados são:

- Procedimento para manutenção preventiva de ferramentas;
- Criação de Planos de Manutenção para Ferramenta Piloto;
- Sistema de monitorização de estado da ferramenta e necessidade de manutenção.

Para que se atinja os resultados apresentados, será necessário perceber a dinâmica da equipa da ferramentaria, métodos, boas práticas e processos utilizados. Será também necessário utilizar a experiência e conhecimento da equipa neste projeto nas decisões mais técnicas e a análise de dados para melhor identificar as tendências e oportunidades de melhoria.

No final do projeto é esperado um sistema de manutenção que permita a diminuição dos custos de manutenção, diminuição do MTTR, aumento do MTBF (*Mean Time Between Failures*), partilha de conhecimento dentro da equipa e que reduza as paragens de produção por avaria nas ferramentas.

1.5 Método seguido no projeto

Para a estruturação do projeto, utilizou-se uma ferramenta de planeamento *Lean* denominada A3. Esta ferramenta segue o ciclo PDCA, ajudando a planificar, a identificar a situação inicial, a definir o objetivo e a definir os passos e medidas a tomar.

1.6 BPS (Bosch Production System)

O *Bosch Production System* foi implementado com o intuito de trazer melhoria contínua desde a encomenda até à entrega do produto certo, no tempo certo, no local certo e com a qualidade certa.

A estrutura do BPS divide-se em Objetivos, Princípios e Elementos, como se vê na Ilustração 3.

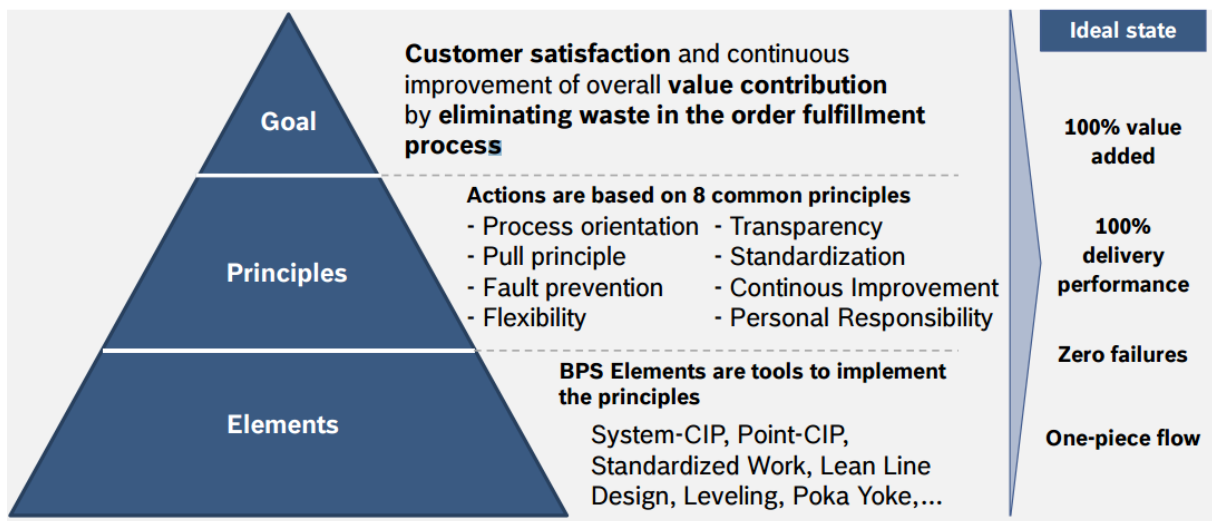


Ilustração 3 - Estrutura do Bosch Production System[2]

O objetivo do BPS é ter processos com zero desperdícios. Isto aplica-se particularmente ao processo de cumprimento do pedido, o qual se divide em três áreas: *Source* (Fonte), *Make* (Fabrico) e *Deliver* (Entrega).

As diretrizes de planeamento do *Bosch Production System* foram desenvolvidas para integrar os princípios de uma cadeia de valor *Lean* e com zero desperdício na fase de planeamento. Esta abordagem pretende planejar uma produção sem desperdícios antes de ser iniciada a produção.

O BPS é "uma iniciativa para todo o grupo Bosch, assente em 8 princípios e que tem por base a gestão integrada da cadeia de valor.":[2]

- Orientação para o processo
- Qualidade perfeita
- Flexibilidade
- Sistema *Pull*
- Normalização
- Transparência
- Melhoria contínua
- Envolvimento e responsabilização dos colaboradores

Essencialmente, os princípios representam a estrutura de ligação e definem a orientação dos processos da empresa, enquanto os elementos funcionam como ferramentas de implementação dos princípios, como podemos ver na Ilustração 4.

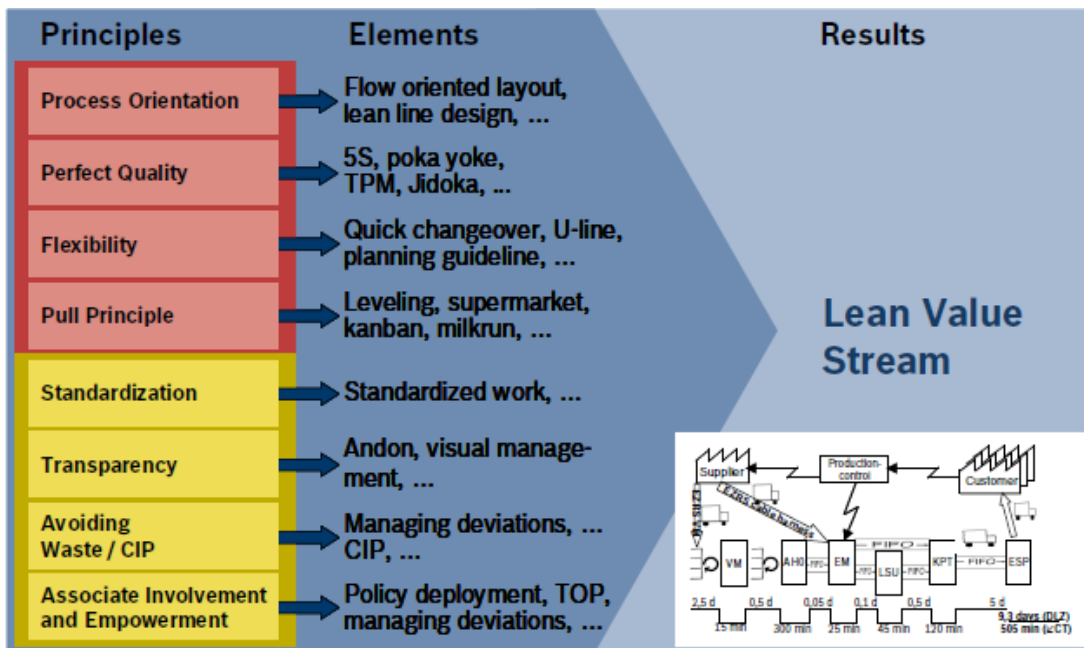


Ilustração 4 - Princípios BPS [2]

Alguns dos elementos podem ser aplicados a toda a cadeia de valor. São exemplos disso VSM (*Value Stream Mapping*) e VSD (*Value Stream Design*), Sistemas *Poka-yoke* e Sistema CIP (*Continuous Improvement Project*). Por outro lado, temos elementos que são apenas aplicáveis a partes da cadeia de valor. Por exemplo, o FOL (*flow-oriented layout*) é apenas aplicado à produção (*Make*).

A Ilustração 5 mostra como os módulos do BPS são usados ao longo de toda a cadeia de valor.

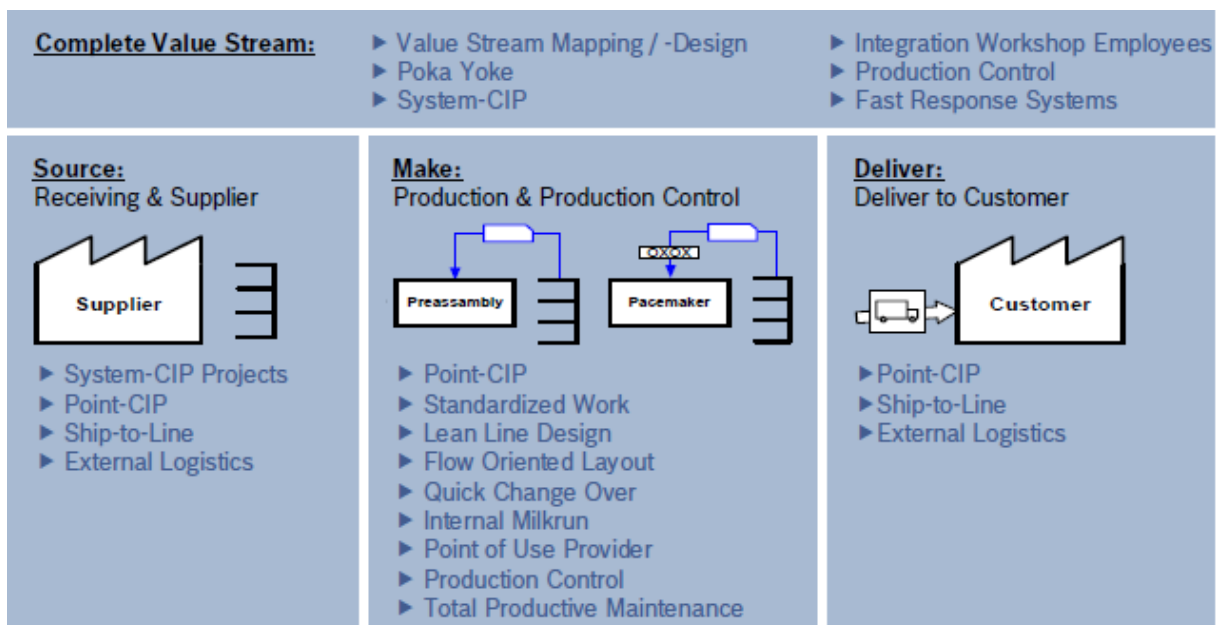


Ilustração5 - Módulos BPS ao longo da cadeia de valor [2]

1.7 Outros Projetos na Bosch Termotecnologia

Para além do projeto principal, foram também desenvolvidos outros projetos na empresa no âmbito da Manutenção de Melhoria: dois processos internos da Ferramentaria e participação na elaboração do procedimento associado ao novo processo de compra e gestão de bens e criação de número de inventário.

Os processos da Ferramentaria tinham como objetivo tentar diminuir o número de manutenções curativas.

Um destes foi a Mesa de Análise. Este processo serve para analisar componentes que foram substituídos de uma ferramenta e onde existe possibilidade de melhoria para diminuição do consumo do mesmo.

O outro processo criado foi o TOP_X. Este consiste na análise durante o mês presente das ferramentas com mais manutenções curativas e com as quais ocorreram maiores custos com o consumo de materiais no mês anterior.

Para além dos processos associados à Ferramentaria, e no seguimento de uma nova aplicação da empresa e um novo VSDiA (*Value Stream Design of Indirect Areas*), foi criado um procedimento para a gestão de bens e criação de números de inventário. Porém, como o projeto ainda está em curso não será referido na presente dissertação.

1.8 Estrutura da dissertação

Com vista a melhor apresentar os projetos executados e facilitar a leitura do documento que se segue, este foi dividido em 5 capítulos.

Neste primeiro capítulo, é apresentado o Grupo Bosch e a Bosch Termotecnologia SA e é feita uma breve descrição dos projetos.

No Capítulo 2, é abordada a componente teórica do tema abordado desde os vários tipos de manutenção, o conceito Indústria 4.0 e os vários tipos de ferramentas que existem.

De seguida, no Capítulo 3, é apresentado o departamento de manutenção e descrita a situação do atual do mesmo.

No Capítulo 4 são apresentadas as soluções propostas para os problemas colocados à autora e a metodologia utilizada para o desenvolvimento dos projetos.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões e as propostas de trabalho futuras.

2 Revisão Teórica

2.1 Manutenção

As equipas de manutenção por vezes focam-se demasiado na reparação de uma avaria aquando de uma paragem de linha ao invés da prevenção das interrupções. No entanto, o objetivo da manutenção é prevenir todas as perdas causadas por problemas nos equipamentos. [3]

A missão de um departamento de manutenção é o de atingir e manter[3]:

- **Disponibilidade ideal** - A capacidade produtiva de uma fábrica é em parte determinada pela disponibilidade dos sistemas de produção. A equipa de manutenção deve assegurar que todos os equipamentos estão em boas condições de operação.
- **Condições operacionais ideais** - Deve ser assegurado que todos os equipamentos e sistemas, quer diretos quer indiretos, estão nas suas condições de operação ideais.
- **Utilização máxima dos recursos da manutenção** - A equipa da manutenção controla uma parte substancial do orçamento total de operações na maioria das fábricas. Para além disso, normalmente gere o inventário de peças, contratação de empresas externas e requisições de milhões de euros em componentes para reparação ou equipamentos substitutos. Portanto, um dos objetivos da manutenção deve ser uma gestão eficiente destes recursos.
- **Vida útil máxima do equipamento** - Uma das maneiras de reduzir os custos de manutenção é estender a vida útil dos equipamentos.
- **Mínimo de inventário de peças** - Reduções de inventário deve ser um dos grandes objetivos do departamento da manutenção. No entanto, a redução não deve colocar em causa os primeiros quatro objetivos. Com tecnologias de manutenção preventiva disponíveis nos dias de hoje, a manutenção pode antecipar a necessidade de um equipamento específico ou componentes com antecedência suficiente para adquiri-las com base na necessidade.
- **Capacidade de reagir rapidamente** - Nem todas as avarias podem ser evitadas. Assim, a equipa de manutenção deve conseguir reagir rapidamente a uma avaria inesperada.

2.2 Tipos De Manutenção

De acordo com a Norma Europeia[4], "*manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa cumprir a função requerida*".

Num nível mais abrangente, existe Manutenção Planeada e Manutenção Não Planeada. A Manutenção Planeada abrange todos os tipos de manutenção descritos neste capítulo incluindo a Manutenção Corretiva. Esta pode ser considerada Planeada se, apesar de não haver previsão da avaria, todo o procedimento e material necessário à intervenção está preparado. Sendo assim, existe um plano de abordagem à avaria. Por outro lado, a Manutenção Não Planeada engloba apenas a Manutenção Corretiva e Manutenção Curativa. Estas ocorrem inesperadamente e sem qualquer tipo de planeamento do trabalho a executar.

Conforme os autores, existem diferentes divisões da manutenção. Segundo Mobley[3] e Cabral[5], existem três tipos de manutenção:

- Manutenção de Melhoria
- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva

A **Manutenção de Melhoria** foca-se na redução ou eliminação da necessidade de manutenção. Deste modo, age-se antes de reagir. Esta inclui as modificações ou alterações com o fim de melhorar o desempenho do equipamento, ajustá-lo a novas condições de funcionamento, melhorar ou reabilitar as suas características operacionais. [5] Um exemplo é a colocação de equipamentos de lubrificação automática.

Nos dias de hoje, a maioria das manutenções são **Manutenções Corretivas**, as quais, segundo a Norma Europeia[4], são "*manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor o bem num estado em que possa realizar uma função requerida*".

A **Manutenção Corretiva** pode também ser designada por *curativa*, e serve para reparar avarias e maus funcionamentos ocorridos durante o serviço.[5]

No entanto, a melhoria da manutenção e a manutenção preventiva podem levar à redução da necessidade de intervenções urgentes. O diagnóstico da avaria é o maior consumidor de tempo na manutenção. No entanto, com este, as falhas intermitentes e defeitos ocultos podem ser isolados e corrigidos. Os problemas e causas que levam às avarias podem ser eliminados através de manutenções preventivas. Deste modo, o objetivo é detetar problemas ainda menores antes que estes provoquem avarias totais e corrigir esses defeitos com o mínimo custo possível.

A **Manutenção Preventiva**, a qual segundo a Norma Europeia[4] é definida por "*manutenção efetuada 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 de um bem*", tem como objetivo prevenir tempo de paragem não previsto e a degradação prematura dos equipamentos que levaria a ações corretivas. Este tipo de gestão da manutenção é predominantemente regulada por tempo ou tarefas recorrentes que são criadas para manter tempos aceitáveis de fiabilidade e disponibilidade.

A prevenção das avarias consegue-se com recurso a qualquer um dos tipos de manutenção seguintes:

- **Manutenção Sistemática:** "*é a manutenção preventiva executada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de funcionamento, integrando as ações daí decorrentes*"[4].
- **Manutenção Condicionada:** "*é a manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes*". [4]

A **Manutenção Sistemática** é uma manutenção periódica, sendo que esta periodicidade pode ser tempo de calendário, horas de funcionamento, quilómetros percorridos, unidades produzidas, etc..

A **Manutenção Condicionada** "*é uma manutenção em que a decisão de intervenção preventiva é tomada no momento em que há evidências de defeito iminente ou quando há aproximação de um patamar de degradação predeterminado.*"[5] A sua variante **manutenção preditiva** é definida na Norma Europeia [4] "*como a manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem*".

Este tipo de manutenção executa-se quando há indicações técnicas para os fazer. Estas dividem-se em duas: *Condition Monitoring*, que é um diagnóstico de aproximação de avaria (análise de vibrações, análises de tendência, etc.); ou *On Condition*, que é uma avaliação mais imediatista do estado do equipamento (ruído, folgas visíveis, rendimento, parâmetros de funcionamento, etc.). [5]

A gestão tem como objetivo conseguir conciliar os vários tipos de manutenção na proporção ideal, com o mínimo de custos, sendo que este custo não é apenas o custo da manutenção, no sentido contabilístico, mas sim o custo da manutenção mais a soma dos custos indiretos e dos benefícios obtidos.

Este objetivo só pode ser atingido através da manutenção planeada, por ser esta a única que se pode intervir antecipadamente. Na manutenção corretiva, a gestão não pode influenciar nos acontecimentos, que são aleatórios e inesperados. [5]

Duas das técnicas de gestão da manutenção mais faladas recentemente são[5]:

- **Manutenção Produtiva Total** - TPM (*Total Productive Maintenance*), defende uma manutenção de melhoria e desloca a manutenção preventiva mais para o lado dos operadores dos equipamentos.
- **Manutenção Centrada na Fiabilidade** - RCM (*Reliability Centered Maintenance*), é uma metodologia que, conforme o grau de criticidade do equipamento, dá o equilíbrio ideal dos três grandes tipos de manutenção para conseguir os objetivos técnico-económicos da gestão.

2.3 Fiabilidade

A Fiabilidade representa a probabilidade de um equipamento exercer a função requerida sob condições específicas e por um período de tempo pré-determinado.

O MTBF (*Mean Time Between Failures*) dá-nos uma medida da fiabilidade de um equipamento. Este valor é nos dado pelo inverso da taxa de avarias (λ), sendo que:

Equação 1 - Taxa de Avarias

$$\lambda = \frac{\text{Número de Avarias}}{\text{Tempo total de funcionamento}}$$

e

Equação 2 - MTBF (*Mean Time Between Failures*)

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = \frac{\Sigma(Tfi)}{\text{Número de avarias}}$$

Sendo Tfi o tempo de funcionamento durante o período.

2.4 Manutibilidade

A Manutibilidade é a capacidade de um sistema ser mantido em boas condições operacionais.

Para sistemas de operação contínua, dois fatores contribuem para a proporção de tempo no qual o equipamento se considera no modo de falha:

- Taxa de avarias: indica a frequência com que o bem avaria;
- Taxa de reparação: uma vez que o bem avaria, indica o tempo que o bem permanece nesse estado.

A medida dos tempos de reparação é então dada pela expressão:

Equação 3 - MTTR (*Mean Time To Repair*)

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{\Sigma Tri}{\text{Número de Avarias}}$$

Sendo Tri o tempo de reparação do período.

A previsão de manutibilidade, isto é, o MTTR, para determinado modo de falha de um equipamento, é uma entrada necessária para os modelos fiabilísticos dos sistemas.

2.5 Indústria 4.0

Desde o início da industrialização, os avanços tecnológicos levaram a várias revoluções industriais:

- 1ª Revolução Industrial foi a mecanização, devido à invenção do motor a vapor, com o primeiro tear mecânico (1784);
- 2ª Revolução Industrial foi o uso intensivo de eletricidade com a primeira linha de produção (Matadouro em Cincinnati, USA, em 1870);
- 3ª Revolução Industrial foi o uso da digitalização com o primeiro PLC (*Programmable Logic Controller*) (Modicon 084, 1969).

Tendo por base uma digitalização avançada nas fábricas, da combinação das tecnologias da internet e orientação para o futuro no campo dos "*smart*" *objects*, resulta uma nova revolução industrial.[2, 6]

Hoje, estamos no meio de uma 4ª onda de avanço tecnológico: a ascensão da nova tecnologia industrial digital, conhecida como Indústria 4.0. Com ela, sensores, máquinas e sistemas informáticos estarão conectados ao longo da cadeia de valor. Estes sistemas interligados, também chamados de *cyberphysical systems*, podem interagir uns com os outros usando protocolos *standards* da Internet e analisar informação para prevenir falhas, autoconfigurar-se e adaptar-se a mudanças.

Os nove pilares tecnológicos da Indústria 4.0 são[7]:

- **Big Data e análises**

Análises baseadas em grandes conjuntos de informação surgiram recentemente no mundo da produção, o que otimiza a qualidade da produção, poupa energia e melhora o serviço dos equipamentos. No contexto da Indústria 4.0, a recolha e avaliação exaustiva de informação de diferentes fontes, equipamentos de produção assim como sistemas de gestão da empresa e de clientes, tornar-se-ão norma para suportar a tomada de decisão em tempo real.

- **Robôs autónomos**

Os robôs têm sido utilizados na indústria para executar tarefas complexas, mas os robôs estão a evoluir para maior utilidade. Estão a tornar-se mais autónomos, flexíveis e cooperativos. Em pouco tempo, estes serão capazes de interagir uns com os outros e trabalhar com segurança lado a lado com pessoas e aprendendo com elas. Já existem robôs com estas características das empresas Kuka e ABB.

- **Simulação**

A simulação já é utilizada pela engenharia para simulações 3-D de produtos, materiais e processos de produção mas, no futuro, serão utilizadas mais alargadamente a todas as atividades das fábricas. Estas simulações irão potenciar a informação em tempo real para espelhar o mundo real nos modelos virtuais. Isto permite aos operadores testar e otimizar as definições das máquinas para o próximo produto antes de colocar em prática, reduzindo tempos de *setup* e aumentando a qualidade.

- **Sistemas de integração horizontal e vertical**

A maioria dos sistemas informáticos não está plenamente integrada. Empresas, fornecedores e clientes estão raramente interligados, assim como os departamentos de engenharia, produção e serviços. Com a Indústria 4.0, empresas, departamentos, funções e capacidades tornar-se-ão mais coesas, enquanto as redes de integração de

dados evoluem e permitem a existência de cadeias de valor verdadeiramente automatizadas e integradas horizontal e verticalmente.

- **Internet das Coisas (*Internet of things*) Industrial**

Com a Internet das Coisas, mais aparelhos, por vezes produtos inacabados, serão melhoradas com *embedded computing* e interligados usando tecnologias *standard*. Isto permite vários aparelhos comunicarem e interagirem entre si e com controladores mais centrais. Isto também descentraliza a análise e tomada de decisão, permitindo respostas em tempo real.

A Bosch Rexroth, fornecedor de sistemas *drive-and-control*, equipou uma linha de produção com um processo semiautomático e descentralizado de produção. Os produtos são identificados utilizando códigos de RFID (*radio frequency identification*), e as estações de trabalho sabem que tarefas de produção devem desempenhar para cada produto.

RFID (*Radio Frequency IDentification*) é uma tecnologia que permite a identificação à distância, ao contrário do código de barras, e podem armazenar mais informação. Apesar disto, as etiquetas RFID são uma tecnologia mais cara do que sistemas de identificação de curto alcance, porém tem valor acrescentado. Esta tecnologia é usada em fábricas com o Indústria 4.0 implementado para localização e identificação dos produtos.

- **Segurança Informática**

Muitas empresas ainda se baseiam em sistemas de gestão e produção que são fechados. Com o aumento da conectividade e uso de protocolos de comunicação *standard* que vêm juntamente com a Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de produção de potenciais ameaças aumenta muito.

- **Cloud**

As empresas já estão a usar softwares baseados em *clouds* em algumas aplicações de análise e empresariais, mas com a Indústria 4.0, será necessária maior partilha de dados. Ao mesmo tempo, o desempenho das tecnologias *cloud* irá melhorar, para diminuir o tempo de reação. Com isto, até sistemas de monitorização e controlo poderão tornar-se parte da *cloud*.

- **Addictive Manufacturing**

As empresas começaram à pouco tempo a utilizar produção aditiva (*addictive manufacturing*), como a impressão 3-D. Com a Indústria 4.0, estes métodos de produção aditiva serão utilizados para produção de pequenos lotes de produtos customizados. Sistemas de produção aditiva de alta performance e descentralizados irão reduzir distâncias de transporte e *stocks*.

- **Realidade aumentada**

Os sistemas baseados em realidade aumentada suportam um conjunto de serviços, como selecionar componentes num armazém e enviar instruções de reparação através de dispositivos móveis. Estes sistemas estão muito inexplorados mas, no futuro, as empresas farão muito mais uso destes sistemas para providenciar os trabalhadores com informação em tempo real para melhorar a sua tomada de decisão e procedimentos de trabalho.

Por exemplo, os trabalhadores podem receber instruções de reparação de um sistema no momento olhando para o mesmo. Esta informação pode ser mostrada no campo de visão do trabalhador usando óculos de realidade virtual.

À medida que é incorporado nos produtos e sistemas industriais mais software e inteligência integrada, as tecnologias de previsão podem interligar algoritmos inteligentes com eletrônica e sistemas wireless. Estas tecnologias irão ser usadas para prever degradação dos equipamentos, inconformidades do produto e autonomamente gerir e otimizar as necessidades do momento.

Porém, a transformação de como os equipamentos e fábricas funcionam agora para máquinas mais inteligentes exige que se aborde alguns assuntos. Estes podem ser divididos nas seguintes categorias:

- **Interação Operador e Gestor**

Atualmente, os operadores controlam os equipamentos, os gestores planeiam a produção e os equipamentos executam as tarefas atribuídas. Porém, estas tarefas são normalmente otimizadas por operadores e gestores e falta um fator importante: o estado dos componentes dos equipamentos.

- **Conjunto de todos os equipamentos e ferramentas**

É muito comum que equipamentos idênticos sejam expostos a diferentes condições de trabalho para diferentes tarefas.

- **Qualidade do produto e do processo**

Como resultado do processo produtivo, a qualidade do produto pode fornecer muita informação sobre as condições do equipamento. A qualidade do produto pode fornecer *feedback* ao sistema de gestão, que poderá ser usado para melhorar o plano de produção e prever necessidade de manutenção.

- **Big Data e Cloud**

A gestão e distribuição de dados na *Big Data* é crítico para se conseguir equipamentos conscientes e autodidáticos. Só com uma boa integração dos dados se conseguirá desenvolver algoritmos de previsão do estado de um equipamento.

- **Rede de sensores e controladores**

Os sensores são o meio dos equipamentos terem uma perceção do seu ambiente físico. Porém, falhas e degradação dos sensores podem enviar informação errada para os algoritmos de tomada de decisão.

2.6 Tipos De Ferramentas

2.6.1 Ferramentas Corte

Uma ferramenta de corte consiste num conjunto de elementos projetado de modo a permitir a obtenção de peças ou esboços.

O punção e a matriz são duas das partes mais importantes da ferramenta de corte. [8]

2.6.2 Ferramentas de Embutidura

Simple efeito

Ferramentas simples, utilizadas em prensas que apenas desenvolvem uma força independente. Com estas apenas se produzem peças de pequenas e médias dimensões.

Nestas ferramentas, como não é calcada a chapa, formam-se pregas no bordo da peça. [9]

Duplo efeito

Estas ferramentas diferem das anteriores fundamentalmente pela existência do cerra-chapas que cria um segundo efeito (ação) sobre a chapa. A força do cerra-chapa provoca uma compressão na chapa durante o processo de embutidura. Esta compressão evita a formação de pregas no bordo da peça.

A existência do cerra-chapas possibilita um maior controle do "movimento" do material durante a embutidura. [9]

Triplo efeito

Estas ferramentas permitem obter peças de difícil obtenção. A utilização destas ferramentas só é possível com prensas de triplo efeito. Nestas ferramentas temos, normalmente, dois dos efeitos na parte superior da máquina e um na parte inferior. [9]

2.6.3 Ferramentas Progressivas

Este tipo de ferramenta executa, na grande maioria dos casos, várias operações de embutidura, de corte, de puncionagem, etc., numa determinada sequência, apenas numa ferramenta. Entre cada descida da corrediça, dá-se o deslocamento da banda, chamado de "passo da ferramenta".

Quando temos operações de corte sequenciais, à medida que a banda se desloca na ferramenta, utilizam-se ferramentas deste tipo. Por exemplo, na produção de anilhas, teríamos no primeiro passo o corte do furo interior e no passo seguinte, o corte do exterior da anilha. [8, 9]

2.6.4 Ferramentas Combinadas

As ferramentas combinadas efetuam, numa só descida, várias operações tais como corte, puncionagem, embutidura, sendo a peça executada numa só descida da corrediça.

O facto de realizar todas as operações de uma só vez, sem a movimentação da chapa, permite assegurar uma boa reprodutibilidade das cotas relativas da peça. [8, 9]

3 Descrição do problema - Situação Inicial

Neste capítulo pretende-se identificar e caracterizar o cenário inicial na Bosch Termotecnologia SA no que diz respeito aos vários tipos de Manutenção. Será apresentada a realidade das atividades de Manutenção e identificados os maiores problemas decorrentes destas mesmas atividades.

No departamento de manutenção foram identificadas dificuldades enfrentadas no planeamento, programação e controlo:

- O modo de execução das tarefas varia conforme o técnico. Isto deve-se à falta de planos de manutenção normalizados que partilhem o conhecimento dentro da equipa;
- Dados incorretos no sistema devido à má análise da anomalia, falta de registo das tarefas executadas durante a intervenção e má seleção da ferramenta;
- A indisponibilidade das ferramentas no momento em que está planeada a Manutenção Preventiva;
- Incompatibilidade entre o planeamento com periodicidade fixa da manutenção preventiva e a oscilação dos níveis de produção ao longo do ano;
- Elevado número de Manutenções Curativas, as quais são mais de 85% do total das manutenções da Ferramentaria;
- Desenhos das ferramentas desatualizados.

3.1 Organização do departamento

O departamento da manutenção (TEF1/AvP) é subdividido em três equipas:

- MAZE (armazém de materiais, componentes e consumíveis indiretos);
- Mecânica, Serralharia e Elétrica;
- Ferramentaria.

A Ferramentaria foi onde foram desenvolvidos todos trabalhos na empresa. Esta equipa é constituída por seis técnicos e a responsável pela equipa e orientadora da autora.

A diminuição do rácio entre Manutenções Curativas e Manutenções Planeadas é uma das diretivas da organização, que como podemos ver no Gráfico 2, é elevado.

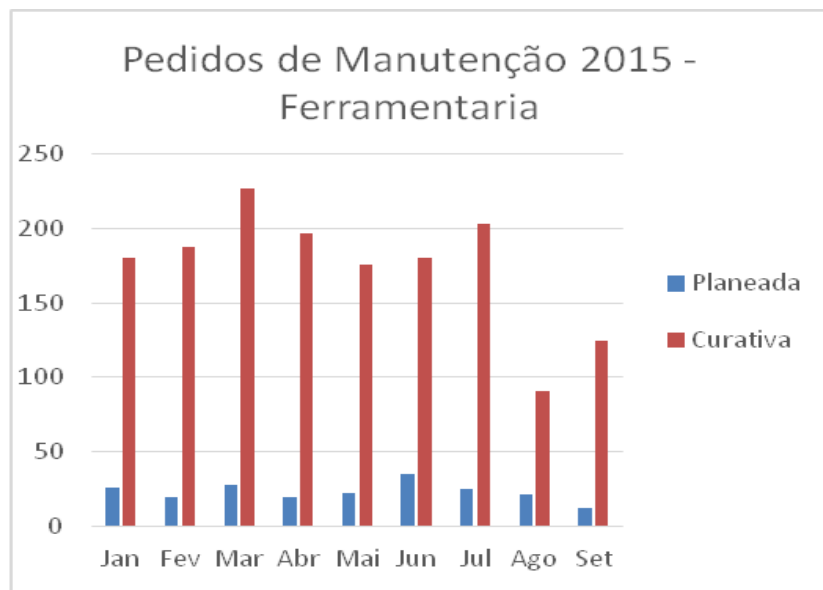


Gráfico 2 - Pedidos de Manutenção da área da Ferramentaria (2015)

Um dos fatores para que o número de Curativas seja bastante mais elevado é que de um conjunto de 1083 ferramentas na empresa, apenas 123 estão marcadas para Manutenção Planeada. Esta seleção foi resultado de um projeto anterior mas que levou a um impacto a longo prazo menos satisfatório. Estão neste momento em curso análises para incorporação de mais ferramentas em Manutenções Planeadas.

Como podemos observar pelo Gráfico 3, apesar do ligeiro aumento das manutenções preventivas, o número de manutenções curativas tem vindo a aumentar. Este número é também influenciado pelo aumento substancial de produção ao longo dos últimos anos, do aumento do número de ferramentas e pelo desgaste ao longo dos anos das mesmas.

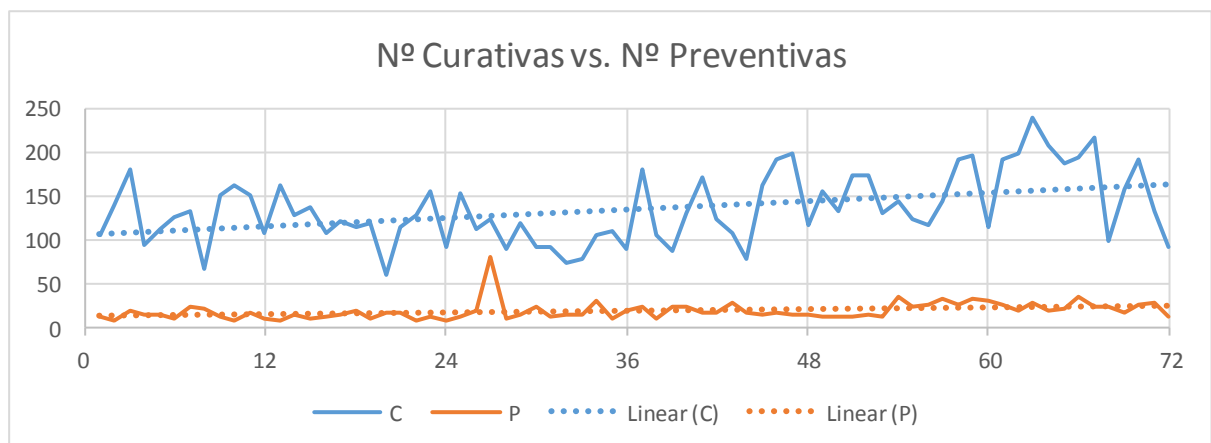


Gráfico 3 Número de Manutenções Curativas vs. Preventivas nos últimos 6 anos

O número elevado de manutenções curativas implica para a empresa um elevado custo em horas de trabalho visto estas serem cerca de 85 % do total de horas em reparação dos técnicos, contrapondo com os 15 % de horas gastas em manutenções preventivas.

3.2 Seleção de Ferramenta para Teste Piloto

Para o projeto *Tools Smart Maintenance* foi necessário selecionar uma ferramenta para aplicação dos conceitos do Indústria 4.0.

Foram, então, analisados todos os pedidos de manutenção do ano 2015 (de Janeiro a Setembro). Desta análise foram destacados o número de manutenções executadas e o total de tempo gasto em manutenção por ferramenta, que podemos ver nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Número de manutenções por ferramenta

	Ferramenta	Nº de Manutenções (2015)
1	SN635D12 A	46
2	SN485DP1	45
3	SN635D22 A	24
4	SN397DP1	24
5	SN634D11 B	23
6	SN241DP1	23
7	SN636D1	22
8	SN634D11 A	21
9	SN391DP1	19
10	SN635D14 A	17

Tabela 2 - Total de minutos gastos em manutenção (2015)

	Ferramenta	Total de minutos gastos (2015)
1	SN485DP1	7927
2	SN636D1	7335
3	SN241DP7	7278

A ferramenta selecionada foi a SN636D1, vista na Ilustração 6. Apesar de esta não ter tido o maior número de manutenções e de tempo gasto em reparações, Tabela 1 e 2, devido à sua complexidade, à falta de documentação e à dificuldade de reparação foi a escolhida para o projeto. Esta ferramenta é crítica para a empresa pois produz um componente essencial para a produção, tendo por isso elevadas solicitações (produção de aproximadamente 20 milhões de unidades por ano).

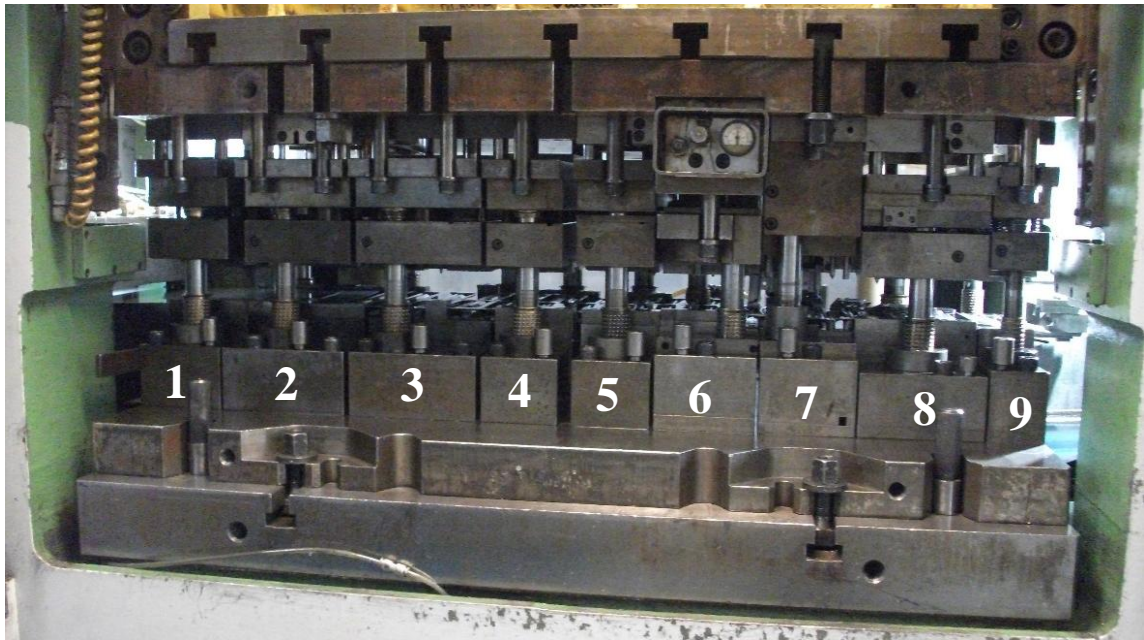


Ilustração 6 - Ferramenta Piloto

Esta é uma ferramenta progressiva, de elevado porte e constituída por nove módulos. Existem também módulos de substituição, pois como a ferramenta produz três turnos por dia, 5 dias por semana, sem qualquer paragem planeada, em caso de avaria de um dos módulos, este será substituído por outro equivalente enquanto é feita a reparação. Contabilizando com os módulos de substituição existe um total de 19 módulos.

Devido à sua elevada complexidade da ferramenta e pelo facto de produzir uma peça com alto controlo de qualidade e tolerância de cotas na ordem das centésimas de milímetro, poucos técnicos estão aptos para intervir na mesma.

Ao contrário do que é observado na generalidade das ferramentas, na ferramenta piloto o número de manutenções curativas tem vindo a diminuir ao longo do tempo, como podemos ver no Gráfico 4, com dados desde 1999.

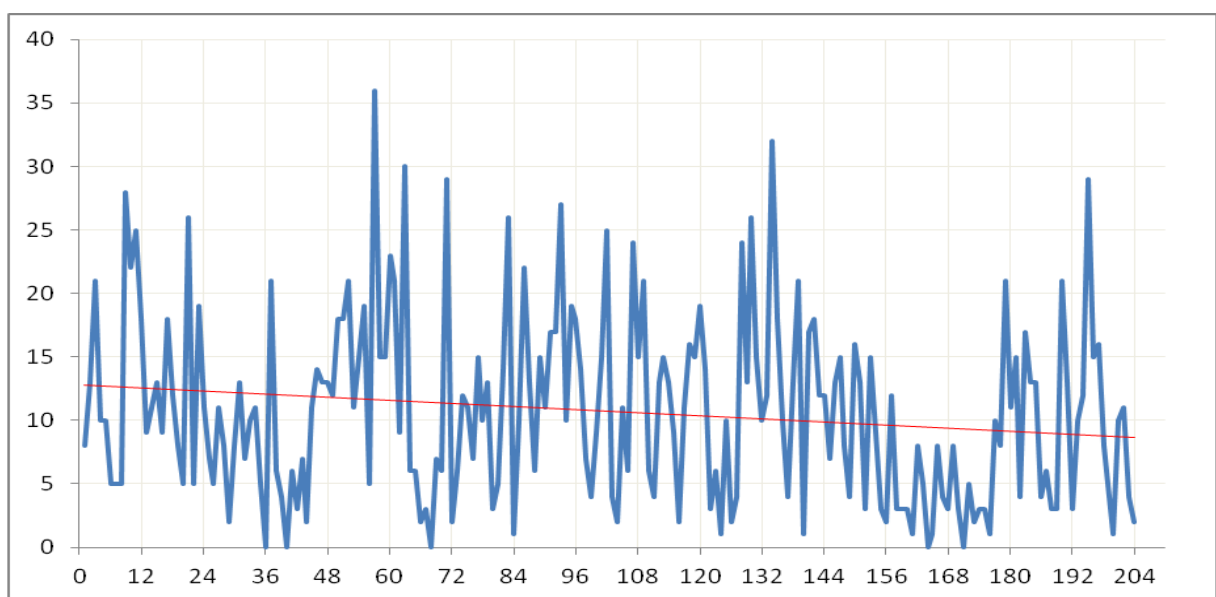


Gráfico 4 - Número de pedidos de Manutenção curativa à ferramenta-piloto

Contudo, continua a existir um grande desfasamento entre o número de manutenções curativas e manutenções preventivas. Isto pode ser notado no Gráfico 5, onde estão representados todos os registos de manutenção existentes para a ferramenta piloto. Note-se que o instante inicial não representa o início de vida da ferramenta pois esta ferramenta foi transferida de outra fábrica do grupo onde já produzia há vários anos. Os documentos mais antigos da ferramenta datam de 1952.

Durante o projeto apenas foram considerados relevantes os dados a partir do período 85 pois não existia a aplicação utilizada neste momento na empresa, WGTM_ORD, e os dados registados são escassos.



Gráfico 5 - N° de Manutenções Curativas vs. Preventivas da Ferramenta Piloto

A falta de documentação desta ferramenta foi provocada especialmente pela transferência entre fábricas. Esta foi criada na Alemanha e, para além da documentação que se perdeu com a transferência, esta é toda em alemão, o que provocou uma grande dificuldade de compreensão por parte dos técnicos.

4 Desenho e Implementação da Solução Proposta

4.1 Melhoria de Processos

No sentido de combater o elevado rácio entre pedidos de manutenção curativa e manutenção preventiva, criou-se processos de Manutenção de Melhoria.

Estes processos têm como objetivo a análise das avarias recorrentes e falhas de conceção de componentes das ferramentas.

Como podemos observar no capítulo anterior, a tendência é de aumento de manutenções curativas e pretende-se que essa tendência se inverta.

4.1.1 Mesa de Análise da Ferramentaria

Atualmente, aquando de uma substituição de componente de uma ferramenta, a peça substituída é destruída. A substituição de peças leva a grandes custos pois existem componentes muito caros e existem ferramentas com custos de material substituído na ordem dos 7000 euros num mês.

O processo criado visa a análise das peças substituídas com o intuito de arranjar uma solução para evitar a avaria e aumentar o tempo útil de utilização.

Para se decidir se uma peça deve ser colocada na Mesa de Análise, foi escolhido um conjunto de critérios que o técnico deve ter em conta:

- Se a peça é um componente de alguma das ferramentas críticas desse mês (presentes no TOP_X);
- Se a peça foi substituída recentemente e o tempo de vida útil da mesma deveria ser maior;
- O tipo de material da peça (material mais caro);
- Se é peça em armazém;
- Se a causa de avaria não é facilmente identificável;
- Manuseamento incorreto por parte do operador;
- Identificada oportunidade de melhoria da peça.

Foi criado um fluxograma para descrever o processo para a Mesa de Análise, que pode ser visualizado na Ilustração 7. Este fluxograma foi inserido numa Boa Prática que podemos ver no Anexo A.

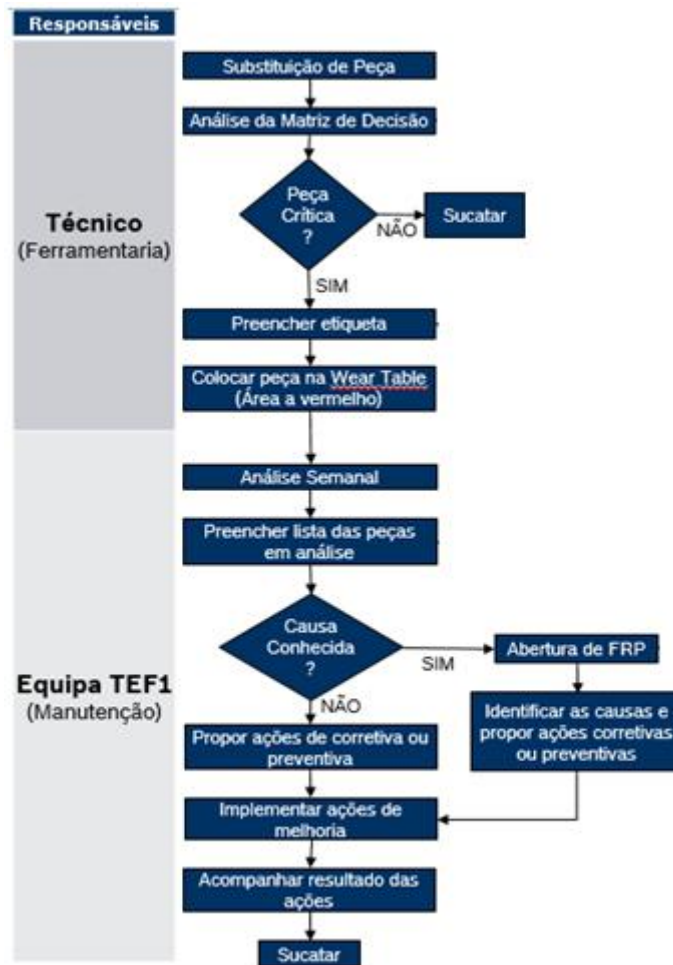


Ilustração 7 - Fluxograma da Mesa de Análise da Ferramentaria

A causa da avaria do componente pode ser a razão do elevado número de avarias das ferramentas presentes no TOP_X. É necessário avaliar a causa que está a levar à avaria do componente e analisar possível melhoria do mesmo. O custo do material é também relevante pois, duma panóplia elevada de componentes, o tempo despendido na análise pode não compensar o custo do componente. Serve de exemplo que um parafuso partido não terá a mesma relevância que uma matriz com custos na ordem de um milhar de euros. O *lead-time* da peça é também relevante. O tempo que o técnico tem de esperar por um componente para executar a reparação, influencia o MTTR, e implica tempo que a ferramenta não está a produzir. Sendo assim, uma análise fácil para o técnico será se o componente é peça em *stock* no armazém. O manuseamento incorreto por parte do operador deve também ser levado em conta pois pode ser necessário criar sistemas *Poka-Yoke* para auxiliar a utilização da ferramenta ou criar instruções de trabalho para o Operador.

Quando é detetado pelo técnico a necessidade de análise, deve ser preenchido um formulário (Anexo E) por parte do técnico com as informações relevantes e identificação da peça e esta deve ser colocada na *Wear Table* da Manutenção, no espaço destinado à Ferramentaria, Ilustração 8 e 9.



Ilustração 8 - Wear Table da Manutenção



Ilustração 9 - Wear Table da Manutenção II

Foi criada uma rotina, com periodicidade semanal, para análise das peças, juntamente com os técnicos. Porém, deve ser tarefa diária dos técnicos a análise das peças que substituiu e colocá-las na mesa para análise.

4.1.2 TOP_X

No sentido de tentar atuar num problema antes que este se agrave e provoque mais custos, decidiu-se criar um sistema de análise das ferramentas mais críticas no momento.

Começou-se por definir quais os critérios que tornam crítica uma ferramenta, criando assim uma Matriz de Decisão:

- Número de intervenções curativas ocorridas no último mês;
- Custo provocado pelas avarias no último mês na troca de componentes.

Assim, cruzando os custos de material usado em manutenção corretiva associados a cada ferramenta durante o mês anterior, retirados da aplicação SAP, e o número de manutenções corretivas que foram feitas a cada ferramenta, retirado da aplicação WGTM_ORD, obtêm-se as ferramentas mais críticas do mês, como exemplificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Exemplo de dados resultantes da análise TOP_X

Equipamento	Custo total	NºPedidos
SN636D	5443.61€	4
SN241DP9	999.27€	4
SN641D	938.98€	2
SN634D	913€	2
SK432D	560.07€	4
SN397D	486.09€	1
SN746D	386.94€	5
SN391D	357.52€	3
SN751D	281.32€	2
SN637D	276€	6
SN635D	264.48€	4
SN543D	93.5€	2
SN560D	27.2€	1
SD423D	26.45€	1
SN241DP1	11.05€	3
SZ787D	7.05€	1
SD284D	5.5€	1
SD231D	4.28€	2
SN302D	3.69€	1
SN246D	2.84€	3
SD406D	2.83€	1
SN761D	2.76€	1
SN486D	1.23€	1

O número de ferramentas a analisar em cada mês é variável pois, como podemos ver na Tabela 3, não pode ser considerada mais crítica uma ferramenta com 900 euros de custos de componentes substituídos com duas manutenções curativas relativamente a uma ferramenta com cerca de metade dos custos em componentes mas com o dobro das intervenções.

Para implementação, foi criada uma Boa Prática (Ver Anexo B), também uma ferramenta interna, que consiste num fluxograma de decisão, esquematizando o processo. Isto é uma exigência da organização para tornar oficial e público um processo, e torna mais fácil a compreensão e consulta por parte dos técnicos.

4.2 Tools Smart Maintenance

Na empresa existe já uma equipa criada para o projeto Industria 4.0 para a totalidade da fábrica. No entanto, na tentativa de acelerar o processo, foi subdividido o projeto principal sendo que o departamento da manutenção ficou responsável pelo *Maintenance 4.0* (Indústria 4.0 aplicado à manutenção). Esta dissertação serve então para o estudo deste conceito aplicado à Ferramentaria.

Começou-se por definir as etapas necessárias para o desenvolvimento do projeto cujo desenvolvimento é descrito neste subcapítulo.

4.2.1 Definição de ferramenta crítica

Do conjunto de ferramentas da empresa, existe a necessidade de definir a criticidade das mesmas. Para isto, foram então escolhidos os critérios ou características das ferramentas que permitem a avaliação da sua criticidade. Esta escolha foi feita com o auxílio do conhecimento técnico da equipa. São estes:

- Produção anual estimada;
- Tipo de ferramenta (relativamente ao tipo de operações que executa);
- Material e espessura da matéria-prima.

A conjugação destes critérios consegue dar-nos uma noção da probabilidade de avaria das ferramentas. A quantidade de produção solicitada à ferramenta é o fator mais evidente para o desgaste dos componentes. Porém, a combinação entre o tipo de operação da ferramenta (corte ou estampagem) com o tipo de material e espessura da matéria-prima pode causar maior número de avarias. Por exemplo, no caso de numa operação de corte, se a espessura da chapa for muito elevada, o desgaste do punção de corte será mais elevado. Mas no caso de a espessura ser muito reduzida, a folga de corte (cerca de 5% da espessura da chapa) será muito menor e a vibração da prensa poderá levar a que a matriz e o punção não coincidam e exista danos.

A alteração proposta para avaliação de criticidade e necessidade de manutenção preventiva das ferramentas foi inserida no Procedimento TEF-001. Este é o procedimento que descreve a Manutenção Planeada e que especifica as ações que devem ser tomadas.

4.2.2 Avaliação de necessidade de Manutenção Preventiva

Para conseguir uma avaliação quantitativa da necessidade de Manutenção Preventiva e a sua periodicidade foram estudadas, para um conjunto de ferramentas, o seu histórico de produção e as manutenções que sofreram.

Para o conjunto de características identificadas no tópico acima, foram escolhidas aleatoriamente uma amostra de ferramentas de cada tipo, como pode ser observado na Tabela 4. Como o objetivo apurar a produção que cada ferramenta executou, foi necessário reunir as referências produzidas por cada ferramenta. Isto porque os únicos registos de produção são dos componentes produzidos. Esta tarefa exigiu trabalho de campo devido à falta de informação.

Tabela 4 - Amostra de Ferramentas e componentes produzidos.

	Cód.Ferram	Sec	Materiais Produzidos					
Estampagem	SK301DP2	831	8705431064	8705431058	8705431070	8705431261	8705431352	
	SK301DP11	831	8705431064	8705431058	8705431070	8705431261	8705431352	
	SK302DP1	831	8705431353	8705431072	8705431260	8705431060	8705431200	
Corte	SD284DP2	831	8705431353	8705431260	8705431060	8705431200		
	SD403DP1	831	8738701845					
	SD283DP2	831	8705431352	8705431070	8705431261	8738706997		
	SD283DP1	831	8705431064	8705431058	8705431261	8705431070	8705431352	
	SD283DP11	831	8705431064	8705431058				
	SD332DP1	831	8738701845	8738701846	8705431351	8705431056	8705431062	
Progressiva	SN378DP2	842	8738701725	8738701726	8701000125			
	SN593DP1	842	8738703290	8738703269	8738703269	8738703270	8738703287	8738703291
	SE184DP2	842	8738720988	8738700637				
	SN246DP3	822	8705505441					
	SN359DP1	822	8708003014	8708003015	8708003016	8708003224	8738702712	
	SZ790DP1	822	8738701880					
Modular	SN636D1	822	8718104013					
	SN635D1	822	8708104094					
	SN634D1	822	8708104115					

No âmbito do Indústria 4.0 e com o objetivo de ter uma base mais real da periodicidade necessária para cada tipo de ferramenta, foi cruzado o histórico de produção de cada referência e as datas de manutenções, instante em que foram repostas as condições da ferramenta. Assim, foi retirada a produção entre cada manutenção, considerada a produção entre falhas, para cada uma das ferramentas da amostra na Tabela 4.

Tabela 5 - Produção entre falhas

Data Manutenção	8-738-701-725	8-738-701-726	8-701-000-125	Total
06-01-2014	384	0	0	384
14-05-2014	277922	10908	38	288868
03-06-2014	34726	535	0	35261
23-06-2014	20983	1327	0	22310
02-09-2014	109514	6141	0	115655
12-12-2014	226707	9303	168	236178
04-02-2015	103334	4328	120	107782
09-07-2015	369201	16079	425	385705
11-07-2015	6790	272	0	7062
09-09-2015	75118	6140	0	81258
30-09-2015 (s/avaria)	36189	4148	0	40337
			Total	1320800

Após a análise da qual resultou a Tabela 5, notou-se que a média de produção entre falhas, para cada ferramenta, era muito reduzida e não se adequava à realidade da empresa. De modo a eliminar dados que influenciariam a média negativamente, foi realizada a Análise ABC, Tabela 6, sendo que apenas foram considerados os dados pertencentes a classe A para o cálculo da média da produção entre falhas. Nas classes B e C considerou-se que os dados eram *outliers*, tempos incompletos ou falhas circunstanciais fora da tendência normal de avarias. Servem de exemplos a má utilização do equipamento por parte de operadores inexperientes, defeitos da matéria-prima e falhas na manutenção da ferramenta.

Tabela 6 - Produção média entre falhas após Análise ABC

Data Manutenção	8-738-701-725	8-738-701-726	8-701-000-125	Total	%	% Acumulada
09-07-2015	369201	16079	425	385705	29.20%	29.20%
14-05-2014	277922	10908	38	288868	21.87%	51.07%
12-12-2014	226707	9303	168	236178	17.88%	68.95%
02-09-2014	109514	6141	0	115655	8.76%	77.71%
04-02-2015	103334	4328	120	107782	8.16%	85.87%
09-09-2015	75118	6140	0	81258	6.15%	92.02%
30-09-2015 (s/avaria)	36189	4148	0	40337	3.05%	95.08%
03-06-2014	34726	535	0	35261	2.67%	97.75%
23-06-2014	20983	1327	0	22310	1.69%	99.44%
11-07-2015	6790	272	0	7062	0.53%	99.97%
06-01-2014	384	0	0	384	0.03%	100.00%
			Total	1320800		

Por outro lado, para o cálculo do MTBF, devido à falta de registo do tempo efetivo de trabalho de cada ferramenta, foi considerado que as ferramentas trabalharam continuamente nos 21 meses analisados.

A análise a cada ferramenta foi agrupada por tipo de ferramenta, Tabela 7.

Tabela 7 - Resumo dos dados obtidos para cada ferramenta.

Tipo de Ferramenta	Ferramenta	Média de produção entre falhas	MTBF
Estampagem	SK301DP2	19671	2.10
	SK301DP11	20393	1.75
	SK302DP1	7780	1.91
Corte	SD284DP2	8504	7.00
	SD403DP1	9097	3.50
	SD283DP2	19259	7.00
	SD283DP1	13482	1.91
	SD283DP11	25499	2.33
	SD332DP1	228798	2.63
Progressiva	SN378DP2	256602	2.10
	SN593DP1	19206	1.40
	SE184DP2	1974882	1.75
	SN246DP3	28835	1.62
	SN359DP1	32973	1.62
	SZ790DP1	30045	4.20
Modular	SN636D1	4900982	2.65
	SN635D1	6512564	3.87
	SN634D1	8006912	3.27

No entanto, para englobar as outras duas características para avaliação da criticidade, foi necessário apurar as características da matéria-prima utilizada para o fabrico de cada componente, Tabela 8.

Tabela 8 - Materiais e Espessuras das Matérias-primas

Material	Espessura
Fita de cobre	0.40
Platina	0.70
Platina	0.75
Fita zincada	0.50
Fita aço inox	0.30
Fita aluminizada	0.50
Fita de cobre	0.30
Fita aço inox	1.00
Fita cobre	0.40

Depois de agrupados os dados, resultou as Tabelas 9, 10 e 11. Para a amostra de ferramentas de cada tipo foi destacado o valor máximo e mínimo de produção média entre falhas.

Tabela 9 - Matriz de características de ferramentas e sua produção média entre falhas mínima

Tipo de Operação	MatPrima	Espessuras de chapa					
		0.3 mm	0.4 mm	0.5 mm	0.7 mm	0.75 mm	1 mm
Estampagem	Platina	x	x	x	19671 uni.	7780 uni.	x
Estampagem	Fita de cobre	x	x	x	x	x	x
Estampagem	Fita zincada	x	x	x	x	x	x
Estampagem	Fita aço inox	x	x	x	x	x	x
Estampagem	Fita aluminizada	x	x	x	x	x	x
Corte	Platina	x	x	x	9097 uni.	8504 uni.	x
Corte	Fita de cobre	x	x	x	x	x	x
Corte	Fita zincada	x	x	x	x	x	x
Corte	Fita aço inox	x	x	x	x	x	x
Corte	Fita aluminizada	x	x	x	x	x	x
Progressiva	Platina	x	x	x	x	x	x
Progressiva	Fita de cobre	256602 uni.	19206 uni.	x	x	x	x
Progressiva	Fita zincada	x	x	28835 uni.	x	x	x
Progressiva	Fita aço inox	x	x	x	x	x	30045 uni.
Progressiva	Fita aluminizada	x	x	x	x	x	x
Modular	Platina	x	x	x	x	x	x
Modular	Fita de cobre	x	x	x	x	x	x
Modular	Fita zincada	x	x	x	x	x	x
Modular	Fita aço inox	6512564 uni.	x	x	x	x	x
Modular	Fita aluminizada	x	x	4900982 uni.	x	x	x

Tabela 10 - Matriz de características de ferramentas e sua produção média entre falhas máxima

Tipo de Operação	MatPrima	Espessuras de chapa					
		0.3 mm	0.4 mm	0.5 mm	0.7 mm	0.75 mm	1 mm
Estampagem	Platina	x	x	x	20393 uni.	7780 uni.	x
Estampagem	Fita de cobre	x	x	x	x	x	x
Estampagem	Fita zincada	x	x	x	x	x	x
Estampagem	Fita aço inox	x	x	x	x	x	x
Estampagem	Fita aluminizada	x	x	x	x	x	x
Corte	Platina	x	x	x	228798 uni.	8504 uni.	x
Corte	Fita de cobre	x	x	x	x	x	x
Corte	Fita zincada	x	x	x	x	x	x
Corte	Fita aço inox	x	x	x	x	x	x
Corte	Fita aluminizada	x	x	x	x	x	x
Progressiva	Platina	x	x	x	x	x	x
Progressiva	Fita de cobre	1974882 uni.	1974882 uni.	x	x	x	x
Progressiva	Fita zincada	x	x	32973 uni.	x	x	x
Progressiva	Fita aço inox	x	x	x	x	x	30045 uni.
Progressiva	Fita aluminizada	x	x	x	x	x	x
Modular	Platina	x	x	x	x	x	x
Modular	Fita de cobre	x	x	x	x	x	x
Modular	Fita zincada	x	x	x	x	x	x
Modular	Fita aço inox	8006912 uni.	x	x	x	x	x
Modular	Fita aluminizada	x	x	4900982 uni.	x	x	x

- Se a Previsão de Produção Anual estiver situada entre a Produção média entre falhas mínima e Produção média entre falhas máxima, é necessária Manutenção Planeada com uma periodicidade expressa na Equação 4:

$$\text{Periodicidade} = 3 \times \text{MTBF médio} \quad \text{Equação 4}$$

- Se a Previsão de Produção Anual for superior à Produção média entre falhas máxima, é necessária Manutenção Planeada com uma periodicidade expressa na Equação 5:

$$\text{Periodicidade} = 3 \times \text{MTBF médio} \times \frac{\text{Prod.entre falhas máx}}{\text{Previsão de Produção}} \quad \text{Equação 5}$$

- Caso se trate de uma Ferramenta com período de utilização inferior a um ano, definiu-se que a primeira manutenção seria de no mínimo 12 meses, podendo ser maior.

Numa fase inicial considerou-se que a periodicidade seria três vezes o MTBF médio porque, de outro modo, os resultados iriam ter um impacto elevado na dinâmica da equipa devido aos reduzidos períodos que seriam exigidos.

No caso de a Previsão ser superior à Produção média entre falhas máxima decidiu-se que quanto maior fosse o intervalo entre a Previsão de Produção anual e a Produção entre falhas máxima, maior deveria ser o impacto de redução na periodicidade. Isto porque uma produção muito elevada levará a um maior desgaste da ferramenta.

No caso de ferramentas novas, o limite mínimo de periodicidade foi estabelecido pois o fabricante deve assegurar as condições de funcionamento da máquina pelo menor por um período de um ano.

4.2.3 Planos de Manutenção

Com o intuito de partilha de conhecimento, resolução de dificuldades da equipa e estudo da ferramenta piloto, foi feito um estudo exaustivo da ferramenta.

Durante 4 semanas, acompanhou-se a manutenção dos nove módulos da ferramenta por parte de um dos técnicos mais experientes. Analisou-se também todos os desenhos de todos os componentes da ferramenta, fazendo um levantamento de todas alterações necessárias, por estes estarem desatualizados. Foram também realizados alguns desenhos de componentes que não existiam em arquivo.

Preparando os dados para alimentar o futuro sistema de Indústria 4.0, foram elaboradas listas de Componentes Normalizados e Não Normalizados, com as suas referências de armazém, descrição, prazos de entrega e *stock* de segurança.

Foi feito um Plano de Manutenção por módulo, sendo que nestes estão incluídos todos os passos necessários à execução da Manutenção Planeada, desenhos de peças cujas cotas devem ser verificadas na montagem, códigos de armazém. Para auxiliar, os paços da montagem têm o auxílio de instruções visuais. Estes Planos de Manutenção podem ser vistos no Anexo F.

5 Conclusões e propostas de trabalho futuro

Neste último capítulo reúnem-se as conclusões do trabalho desenvolvido na empresa e apresentam-se as propostas de trabalhos futuros.

Este projeto incidiu sobre a manutenção das ferramentas da Bosch Termotecnologia SA, com o objetivo de estudar e preparar a futura implementação do Indústria 4.0 na Manutenção de Ferramentas e também com o intuito de reduzir o rácio entre o número de Manutenções Curativas e Preventivas. Para isso, foi necessária a integração na equipa e a análise e compreensão de todos os processos internos para que se conseguisse a estruturação do projeto e definisse os objetivos a atingir no fim do período na empresa.

Para que fosse possível realizar as tarefas propostas, foi necessário o suporte de toda a equipa técnica assim como toda a equipa de industrialização da fábrica. Foi necessária a colaboração do departamento da manutenção, da equipa técnica da manutenção, de planeadores de produção e de operadores das seções de produção.

Foram desenvolvidos processos de melhoria para a Ferramentaria, Mesa de Análise e TOP_X, que permitem a análise e reação rápida sobre problemas circunstanciais das ferramentas sem que se permita que o problema escale e cause danos e impactos maiores. Estes processos já implementados têm rotinas para acompanhamento e análise dos resultados. O impacto dos processos foi positivo na dinâmica da equipa pois realça problemas que não se destacariam fora destas análises. Dá-se o exemplo de ferramentas do TOP_X que não tinha sido notado qualquer destaque apesar dos elevados custos ocorridos em troca de componentes.

Relativamente ao projeto principal *Tools Smart Maintenance*, foi executado o trabalho de base para a futura implementação do Indústria 4.0, sendo este a análise dos históricos da ferramenta piloto, o levantamento de alterações nos desenhos de construção, a criação de listas de componentes normalizados e não normalizados da ferramenta piloto, com prazos de entrega e stock de segurança dos componentes e criados planos de manutenção da ferramenta. Os Planos de manutenção foram o ponto de destaque neste projeto por ter sido detetada a necessidade deste tipo de documentação para a partilha de conhecimento e auxílio a colegas menos experientes da equipa da manutenção.

Revelou-se a dificuldade da estimativa da periodicidade necessária para a Manutenção Planeada devido à falta de registos e dados. Neste seguimento elaborou-se uma base de dados que auxilia nesta estimativa, comparando as características da ferramenta em questão com os dados resultantes da análise realizada. Esta base de dados para auxílio de estimativa de necessidade de manutenção planeada e sua periodicidade de manutenção foi inserido num Procedimento interno da empresa para oficialização do processo.

5.1 Propostas de trabalho futuro

Seguindo o conceito do Indústria 4.0, todos os departamentos, fornecedores e sistemas estarão interligados.

Existirá sensores em cada ferramenta para contabilizar o número de peças produzidas. Derivado da análise da produção média entre falhas para cada ferramenta, será estabelecido um limite de peças ao fim das quais terá de ser feita uma manutenção planeada.

No entanto, tendo em conta que a empresa funciona com o mínimo de *stock* possível, terá de ser considerado o tempo de entrega dos componentes necessários à manutenção planeada. Para isso, tendo em conta o prazo de entrega dos *sparcs*, a diferença entre o número de peças produzidas e o limite estabelecido e a cadência a que está a funcionar a ferramenta, será estimado pelo sistema quando a necessidade de encomenda de *sparcs* e enviado o alerta diretamente para o MAZE. Será também enviado um alerta para a oficina da Ferramentaria no momento em que se aproxima a necessidade de manutenção planeada, incorporando-a no plano semanal de manutenção.

Para a contagem de peças, no caso de ferramentas modulares como a ferramenta piloto, será necessário colocar um contador em todos os módulos, incluindo os de substituição, sendo para isso necessário adaptar a estrutura e desenho a ferramenta para colocar o contador sem perturbar o normal funcionamento da mesma.

Algumas das etapas de continuação propostas são:



Para a integração dos Planos de Manutenção no quotidiano das Manutenções Preventivas, propõe-se a colocação de monitores em cada bancada dos técnicos, Ilustração 15, para maior acessibilidade e aproveitamento da ferramenta de trabalho. Na produção é já utilizado um conceito semelhante para a instrução visual dos Planos de Controlo de peças, como se vê na Ilustração 14.

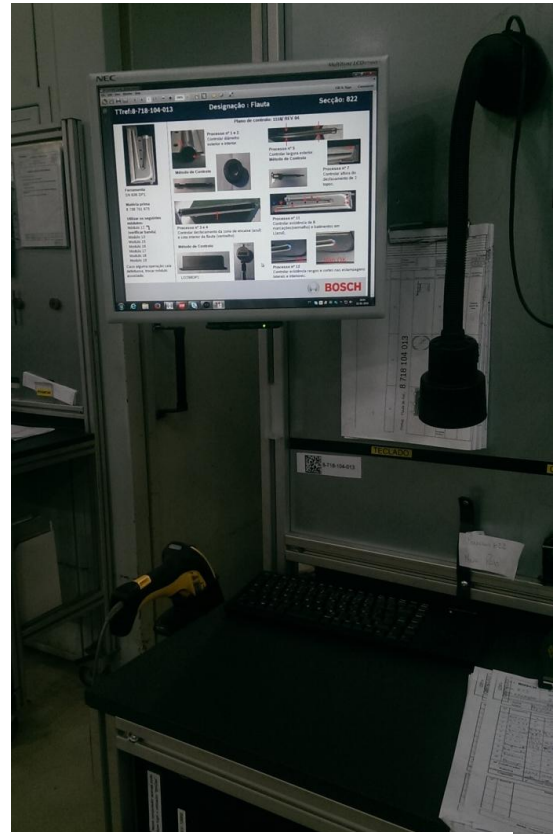


Ilustração 5 - Monitores com Planos de Controlo de produção

Como podemos visualizar na Ilustração 15, para fácil acesso ao Plano de Controlo pretendido, existe um scanner de códigos 2D . Este é utilizado para, seleccionando o código pretendido, aceder automaticamente ao documento necessário.

O mesmo se pretende para os Planos de Manutenção das ferramentas. Todas estas terão um código 2D ou etiqueta RFID, que, detetada pelo leitor, abrirá automaticamente o Plano de Manutenção necessário.



Ilustração 4 - Bancada de trabalho da Ferramentaria

Referências

1. *Bosch Today 2015.*
2. *Intranet Bosch.*
3. MOBLEY, R. Keith, *An Introduction to Predictive Maintenance*. Second Edition 2002: Butterworth-Heinemann.
4. CEN, *European Standard EN 13306 - Maintenance terminology*. April 2001: Brussels.
5. CABRAL, José Paulo Saraiva; *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática*. 6ª Edição; 2006.
6. LASI, Dr. Heiner; KEMPER, Prof. Dr. Hans-Georg; FETTKE, Privatdozent Dr. Peter; FELD, Dipl.-Inf. Thomas; HOFFMANN, Dipl.-Hdl. Michael; *Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering*, 2014.
7. RÜBMANN, Michael; LORENZ Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; JUSTUS, Jan; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael; *Industry 4.0 - The future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, The Boston Consulting Group. April 2015.
8. DUARTE, J.Ferreira; ROCHA, A. Barata da; SANTOS, A. Dias dos; *Corte em Ferramenta*. 1ª edição. Tecnologia Mecânica. Volume 1. 2003: INEGI - Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial.
9. ROCHA, A. Barata da; DUARTE, J. Ferreira; SANTOS, A. Dias dos; *Tecnologia da Embutidura - Princípios e Aplicações*. 1ª edição, Tecnologia Mecânica. Volume 3. 2005: INEGI- Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial.

Anexos

Anexo A - Boa Prática da Mesa de Análise da Ferramentaria

Anexo B - Boa Prática do TOP_X

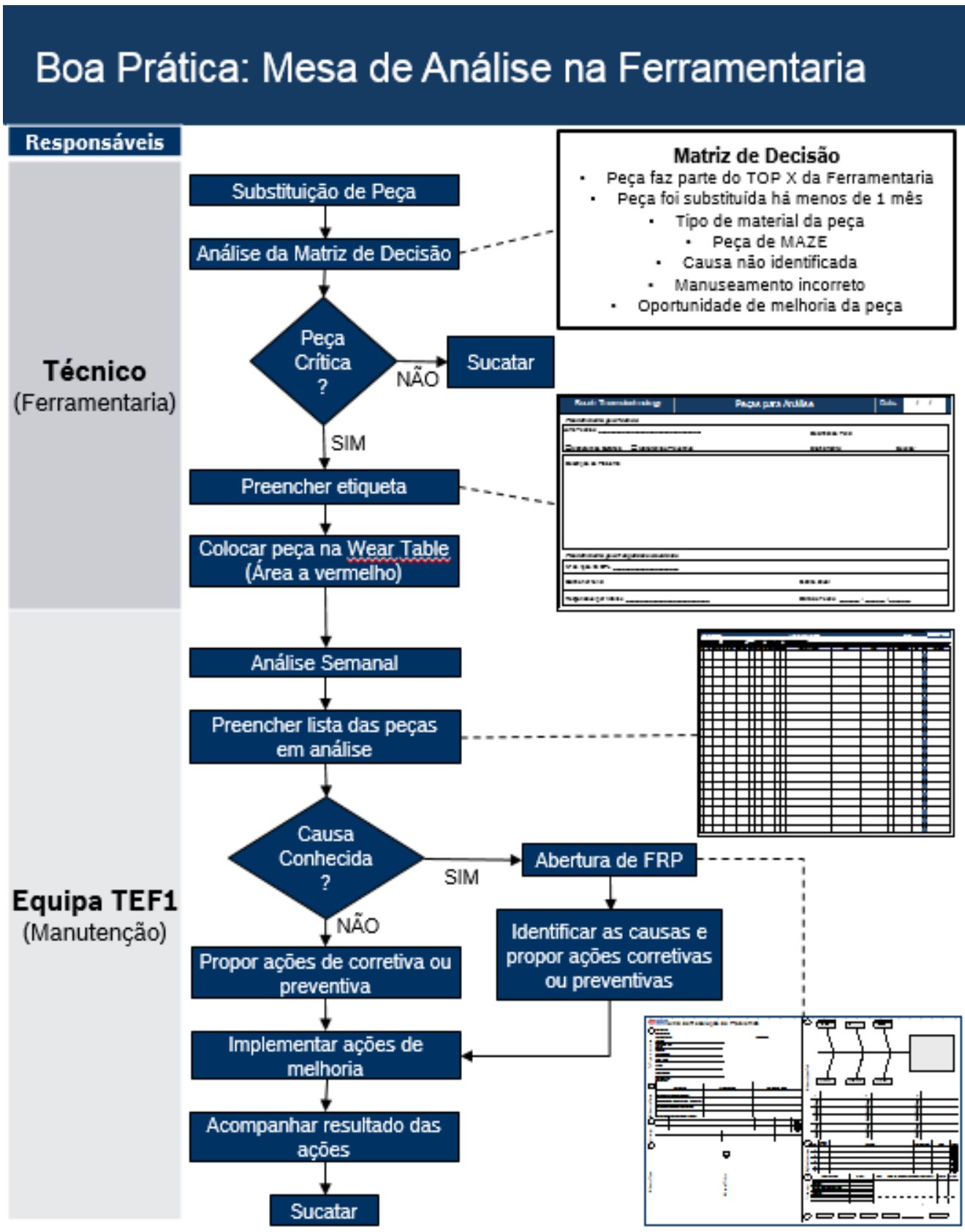
Anexo C - OPL (*Open Point List*)

Anexo D - FRP (Folha de Resolução de Problemas)

Anexo E - Formulário para Peças para Análise

Anexo F - Planos de Manutenção da Ferramenta Piloto

Anexo A - Boa Prática da Mesa de Análise da Ferramentaria


Equipa TEF1
(Manutenção)

Termotecnologia

1

Internal | AvP/TEF1 | Maio 2013 | © Robert Bosch GmbH reserves all rights even in the event of industrial property rights. We reserve all rights of disposal such as copying and passing on to third parties.



BOSCH

Anexo B - Boa Prática do TOP_X

Boa Prática: TOP_3



Matriz de Decisão

- Nº de Intervenções curativas repetidas no último mês
- Custo provocado pelas avarias no último mês (Spares + Custo/hora)

Bosch Thermotechnology				Folha de devios																Ano / Mes: 2015/Out													
Fábrica: _____				Secção: _____																Responsável: _____													
Equipamento	Avaria	Limite	Reação	Dias																													
Nº Invent.	Descrição			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
01																																	
02																																	
03																																	
04																																	
05																																	
06																																	
07																																	
08																																	
09																																	
10																																	
11																																	
12																																	
13																																	
14																																	
15																																	
16																																	
17																																	
18																																	
19																																	
20																																	
21																																	
22																																	
23																																	
24																																	
25																																	
26																																	
27																																	
28																																	
29																																	
30																																	
31																																	

Anexo C - OPL (Open Point List)



Open Point List



No.	job defined on	project / key word	job/description/task	comment/ info/ status/ results	responsible	Due date	Status	PDCA	Expected date	Complete date	info to	Task Source	Severity

to add new items: copy empty line (in order to copy the cell format)

N empty, nothing defined
P responsible and due date defined
D in work, intermediate result existing
C activity closed
A concerned are convinced of new situation

to be closed in more than 7 days
 item defined during the last 7 days which has to be closed in more than 7 days
 to be closed in the next 7 days
 should already be closed
 item closed

item with high priority at present time **A**
 item with important priority at present time **B**
 item with normal priority at present time **C**

Anexo D - FRP (Folha de Resolução de Problemas)

Folha de Resolução de Problemas		N.º																																																
Definição do problema	1 Descrição do Problema:																																																	
	Departamento/ Secção	<i>Desenho, foto:</i>																																																
	Linha/ Célula/ Posto																																																	
	Produto/ Componente																																																	
	Data, hora																																																	
	Turno																																																	
	Colaborador																																																	
	Responsável de Equipa																																																	
Análise dos Factos	Descrição O problema é: O problema não é:																																																	
	Qual é exactamente o problema?																																																	
	Onde é que ocorre exactamente o problema?																																																	
	Quando é que ocorre exactamente o problema?																																																	
	Com que frequência o problema ocorre?																																																	
Contenção	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 65%;">Acção de contenção (prevenir que o problema não passe para a frente)</th> <th style="width: 15%;">Responsável</th> <th style="width: 10%;">Data</th> <th style="width: 5%;">Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> </tbody> </table>	No.	Acção de contenção (prevenir que o problema não passe para a frente)	Responsável	Data	Status					⊕					⊕																																		
	No.	Acção de contenção (prevenir que o problema não passe para a frente)	Responsável	Data	Status																																													
					⊕																																													
				⊕																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Escalado por</th> <th style="width: 40%;">Escalado para</th> <th style="width: 30%;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Escalado por	Escalado para	Data																																															
Escalado por	Escalado para	Data																																																
Análise de Dados	Responsável pelo Problema: _____ Equipa: _____																																																	
	Dados de Apoio (Dados de Performance do Processo)	7 Suportina data (Process performance data)																																																
5																																																		
6																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">1</th> <th style="width: 20%;">2</th> <th style="width: 20%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> <td style="text-align: center;">Pouco?</td> </tr> </tbody> </table>			1	2	3	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?	Pouco?																																	
1	2	3																																																
Pouco?	Pouco?	Pouco?																																																
Pouco?	Pouco?	Pouco?																																																
Pouco?	Pouco?	Pouco?																																																
Pouco?	Pouco?	Pouco?																																																
6																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No.</th> <th style="width: 15%;">Causa Raiz</th> <th style="width: 60%;">Acções</th> <th style="width: 10%;">Responsável</th> <th style="width: 10%;">Data</th> <th style="width: 5%;">Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td style="text-align: center;">⊕</td> </tr> </tbody> </table>			No.	Causa Raiz	Acções	Responsável	Data	Status	1					⊕	2					⊕	3					⊕	4					⊕	5					⊕												
No.	Causa Raiz	Acções	Responsável	Data	Status																																													
1					⊕																																													
2					⊕																																													
3					⊕																																													
4					⊕																																													
5					⊕																																													
8																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Normalização</th> <th style="width: 10%;">Resp.</th> <th style="width: 10%;">Data</th> <th style="width: 30%;">Yokoten (Lessons learned transmitidas)</th> <th style="width: 10%;">Resp.</th> <th style="width: 10%;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>QA-Matrix (Firewall)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>P-FMEA</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>PQP (Planos de Controlo)</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Standarts</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Desenho</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Processo</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="font-size: small;">Razão se nenhum standard foi alterado/substituído</td> <td colspan="3" style="font-size: small;">Razão porque não foram necessários yokoten's</td> </tr> </tbody> </table>			Normalização	Resp.	Data	Yokoten (Lessons learned transmitidas)	Resp.	Data	QA-Matrix (Firewall)						P-FMEA						PQP (Planos de Controlo)						Standarts						Desenho						Processo						Razão se nenhum standard foi alterado/substituído			Razão porque não foram necessários yokoten's		
Normalização	Resp.	Data	Yokoten (Lessons learned transmitidas)	Resp.	Data																																													
QA-Matrix (Firewall)																																																		
P-FMEA																																																		
PQP (Planos de Controlo)																																																		
Standarts																																																		
Desenho																																																		
Processo																																																		
Razão se nenhum standard foi alterado/substituído			Razão porque não foram necessários yokoten's																																															
9																																																		
<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black; text-align: center; font-size: x-small;">Responsável de Equipa</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black; text-align: center; font-size: x-small;">Responsável de Área</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black; text-align: center; font-size: x-small;">Responsável do Processo</td> <td style="width: 15%; border: 1px solid black; text-align: center; font-size: x-small;">Group Leader</td> <td style="width: 20%; border: 1px solid black; text-align: center; font-size: x-small;">Data de fecho:</td> <td style="width: 20%; border: 1px solid black; text-align: center; font-size: x-small;">Responsável pelo problema</td> </tr> </table>			Responsável de Equipa	Responsável de Área	Responsável do Processo	Group Leader	Data de fecho:	Responsável pelo problema																																										
Responsável de Equipa	Responsável de Área	Responsável do Processo	Group Leader	Data de fecho:	Responsável pelo problema																																													

Anexo F - Planos de Manutenção da Ferramenta Piloto

Todos os documentos que se seguem pertencem ao Anexo F

1. Plano de Manutenção Módulo 1
2. Plano de Manutenção Módulo 2
3. Plano de Manutenção Módulo 3
4. Plano de Manutenção Módulo 4
5. Plano de Manutenção Módulo 5
6. Plano de Manutenção Módulo 6
7. Plano de Manutenção Módulo 7
8. Plano de Manutenção Módulo 8
9. Plano de Manutenção Módulo 9