

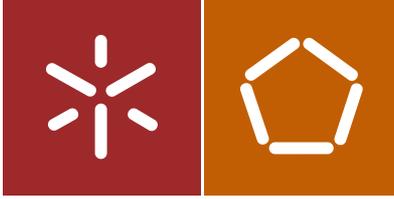


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

André Manuel Guimarães e Silva

Aplicação de princípios e ferramentas Lean  
numa empresa de produção de cablagens





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

André Manuel Guimarães e Silva

Aplicação de princípios e ferramentas Lean  
numa empresa de produção de cablagens

Dissertação de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação da  
Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

## DECLARAÇÃO

Nome:

---

Endereço eletrónico: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Número do Bilhete de Identidade: \_\_\_\_\_

Título da dissertação:

---

---

Orientador(es):

---

Ano de conclusão: \_\_\_\_\_

Designação do Mestrado:

---

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para

prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

Assinatura:

## AGRADECIMENTOS

Neste espaço pretendo deixar uma palavra de apreço a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Primeiramente não podia deixar de agradecer a oportunidade que me foi concedida e a confiança em mim depositada tanto da parte do chefe de produção Sr. António Peixoto como da Dr.<sup>a</sup> Manuela Albuquerque responsável pelos recursos humanos da empresa.

Aos meus orientadores, Rui Filipe e Anabela Alves, um “muito obrigado” pela paciência na transmissão de conhecimentos necessários ao exercício aqui realizado e sobretudo pela ajuda prestada na superação de adversidades que foram surgindo ao longo do trajeto percorrido.

Não podia deixar de referir a Ana Duarte e Fátima Marques, incansáveis supervisoras, por todos os ensinamentos que me transmitiram através da sua inigualável experiência no ramo e também pela sua contagiante boa disposição.

Também às funcionárias Ana Maria, Margarida e Odete que nas primeiras semanas me ensinaram tudo sobre montagem de calagens e me fizeram compreender um produto que de início me parecia muito complicado.

À funcionária Clara e a todas as “meninas” da linha 2780 que com a sua boa disposição, responsabilidade e gosto pelo trabalho facilitaram a minha integração e adaptação a uma realidade nova para mim.

Obrigado



## RESUMO

Este projeto de dissertação, inserido no plano de estudos do curso Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, do 5º ano, foi realizado em ambiente industrial na empresa de produção de cablagens Leoni Portugal. Este projeto teve como principal objetivo a implementação de algumas ferramentas *Lean Production*, focadas na melhoria dos processos produtivos e eliminação de desperdícios nos mesmos.

A metodologia de investigação empregue foi a *Action Research*. Deste modo foi iniciada a investigação com uma revisão bibliográfica sobre *Lean*, a sua origem, princípios e ferramentas associadas. Seguidamente foi realizado um diagnóstico ao estado atual da empresa, determinando algumas medidas de desempenho e desperdícios existentes no sistema.

Concluída a análise e sintetizados os problemas, elaboraram-se propostas de intervenção cujo objetivo foi a resposta aos problemas identificados no sistema, designadamente, o estrangulamento no teste elétrico, elevados tempos de setup e a organização do abastecimento e das linhas de montagem, incluindo neste espaço várias referências às ferramentas utilizadas na sua resolução, nomeadamente, *Visual Stream Mapping*, do *Overall Equipment Effectiveness*, da *Total Productive Maintenance*, do *Single Minute Exchange of Dies*, entre outras propostas que permitiram obter resultados positivos na cadeia de valor da empresa resultando num aumento da produtividade face à situação inicial, nomeadamente a redução do tempo utilizado em setups no segmento de corte totalizando uma poupança anual de 13248€ e também uma redução nos deslocamentos das abastecedoras na qual se obteve uma poupança de 2281€ anuais.

## PALAVRAS-CHAVE

*Lean Production*, TPM, VSM, OEE, SMED



## **ABSTRACT**

This dissertation project is the last milestone of “Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial”, during the fifth year of the graduation scheme in Minho University. The project has developed within an industrial environment, taking place in Leoni Portugal a wiring company. These milestone main objectives were the industrial introduction of the knowledge acquired during the academic period, as well as implementing Lean Production tools, focused on improving productive process and narrowing down their waste.

Action Research was the investigation methodology followed. Thus as a first approach a literature review about Lean, its origin, its principles and its tools was conducted. Next the author diagnoses the company as is status, determining performance measures and waste within the productive system.

Once the analysis is concluded and the problems resumed, such as the electric test bottleneck, the assembly lines layout and feeding organization, intervention proposals were developed. To face the highlighted problems the author seeks guidance in diverse Lean Tools, such as Visual Stream Mapping, Overall Equipment Effectiveness and Total Productive Maintenance, Single Minute Exchange of Dies among many others looking towards a productivity increase in the company and achieving a positive impact in the value stream chain of a product family and also achieve a annual cost reduction of 13248€ minimizing the total setup time of the cutting machines and an annual saving of 2281€ reducing the distances of the supply operator.

## **KEYWORDS**

*Lean Production*, TPM, VSM, OEE, SMED



# ÍNDICE

|                                                          |      |
|----------------------------------------------------------|------|
| Agradecimentos.....                                      | iii  |
| Resumo .....                                             | v    |
| Abstract.....                                            | vii  |
| Índice .....                                             | ix   |
| Índice de Figuras .....                                  | xiii |
| Índice de Tabelas.....                                   | xv   |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....           | xvii |
| 1. Introdução .....                                      | 1    |
| 1.1 Enquadramento .....                                  | 1    |
| 1.2 Objetivos.....                                       | 2    |
| 1.3 Metodologia de Investigação .....                    | 3    |
| 2. Revisão Bibliográfica .....                           | 7    |
| 2.1 <i>Lean Production</i> .....                         | 7    |
| 2.1.1 Ascensão e queda da produção em massa .....        | 8    |
| 2.1.2 Origem e definição .....                           | 8    |
| 2.2 Princípios do <i>Lean Thinking</i> .....             | 10   |
| 2.3 Tipos de desperdício.....                            | 12   |
| 2.4 Técnicas e ferramentas <i>Lean</i> .....             | 14   |
| 2.4.1 <i>Standard Work</i> .....                         | 14   |
| 2.4.2 Metodologia 5S .....                               | 15   |
| 2.4.3 <i>Kaizen</i> .....                                | 18   |
| 2.4.4 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> .....    | 20   |
| 2.4.5 <i>Single Minute Exchange of Dies (SMED)</i> ..... | 26   |
| 3. Apresentação e caracterização da empresa.....         | 30   |
| 3.1 Identificação e localização .....                    | 30   |
| 3.2 Empresa em Portugal.....                             | 31   |
| 3.2.1 Recursos Humanos .....                             | 31   |
| 3.2.2 Estrutura Organizacional .....                     | 32   |
| 3.3 Grupo Leonische .....                                | 33   |

|       |                                                                                        |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1 | Distribuição Geográfica.....                                                           | 34 |
| 3.3.2 | Estrutura Organizacional .....                                                         | 35 |
| 3.4   | Política Social, Missão e Valores.....                                                 | 36 |
| 3.5   | Produtos e Mercados .....                                                              | 37 |
| 3.5.1 | Mercado Automóvel.....                                                                 | 37 |
| 3.5.2 | Aplicações Médicas.....                                                                | 37 |
| 3.5.3 | Infraestruturas e Comunicação .....                                                    | 38 |
| 3.5.4 | Aplicações Elétricas .....                                                             | 38 |
| 3.5.5 | Fios e Condutores.....                                                                 | 38 |
| 3.6   | Principais clientes.....                                                               | 38 |
| 4.    | Descrição e análise crítica da situação atual.....                                     | 41 |
| 4.1   | Análise SWOT .....                                                                     | 41 |
| 4.1.1 | Pontos fortes.....                                                                     | 42 |
| 4.1.2 | Pontos fracos.....                                                                     | 42 |
| 4.1.3 | Oportunidades .....                                                                    | 43 |
| 4.1.4 | Ameaças.....                                                                           | 43 |
| 4.2   | Descrição do processo produtivo e implantação do sistema.....                          | 43 |
| 4.2.1 | Segmento 1 .....                                                                       | 48 |
| 4.2.2 | Segmento de Montagem .....                                                             | 51 |
| 4.2.3 | Teste elétrico.....                                                                    | 52 |
| 4.2.4 | Processos especiais.....                                                               | 53 |
| 4.2.5 | Embalamento .....                                                                      | 55 |
| 4.2.6 | Protótipos e Amostras.....                                                             | 56 |
| 4.3   | Análise crítica e identificação de problemas .....                                     | 57 |
| 4.3.1 | Análise ao abastecimento de materiais.....                                             | 57 |
| 4.3.2 | Muitas paragens e elevados tempos de setup nas máquinas do Segmento 1.....             | 59 |
| 4.3.3 | Desorganização, congestionamento e erros nas linhas de montagem .....                  | 60 |
| 4.3.4 | Estrangulamento e tempos elevados no Teste elétrico.....                               | 61 |
| 4.3.5 | Muitas deslocações, tempos elevados de montagem e outros problemas nos Protótipos..... | 62 |
| 4.3.6 | Construção do <i>Value Stream Mapping</i> para as referências da “F series” .....      | 67 |

|       |                                                                                |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.7 | Síntese dos problemas identificados .....                                      | 70 |
| 5.    | Apresentação de Propostas de Melhoria.....                                     | 72 |
| 5.1   | Plano de formação .....                                                        | 72 |
| 5.2   | Implementação de <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) .....            | 73 |
| 5.2.1 | Indicador disponibilidade .....                                                | 74 |
| 5.2.2 | Indicador desempenho .....                                                     | 74 |
| 5.2.3 | Indicador qualidade .....                                                      | 75 |
| 5.2.4 | Índice Geral de eficiência .....                                               | 75 |
| 5.2.5 | Propostas no seguimento do cálculo do índice OEE.....                          | 77 |
| 5.3   | Aplicação da ferramenta Single Minute Exchange of Dies (SMED).....             | 79 |
| 5.3.1 | Observação e classificação das atividades.....                                 | 80 |
| 5.3.2 | Separação das atividades externas das internas .....                           | 80 |
| 5.3.3 | Conversão de setup's internos em externos.....                                 | 81 |
| 5.3.4 | Melhoria do sistema de operações .....                                         | 82 |
| 5.4   | Realização de FMEA para as maiores causas de falha verificadas no Segmento 1.. | 83 |
| 5.5   | Redimensionamento das estantes de componentes das linhas de montagem .....     | 84 |
| 5.6   | Propostas para o posto de teste elétrico .....                                 | 85 |
| 5.6.1 | Otimização do teste elétrico.....                                              | 85 |
| 5.6.2 | Supermercados no teste elétrico.....                                           | 88 |
| 5.7   | Propostas para o segmento de Protótipos e Amostras .....                       | 89 |
| 5.7.1 | Alteração do Layout produtivo do segmento.....                                 | 89 |
| 5.7.2 | Desenho de um novo guarda-mapas.....                                           | 92 |
| 5.7.3 | Plano de manutenção para linha 2780 .....                                      | 92 |
| 5.7.4 | Protótipo para inserção automática de fios através de guia .....               | 94 |
| 6.    | Análise e discussão de resultados.....                                         | 96 |
| 6.1   | Resultados das propostas implementadas .....                                   | 96 |
| 6.1.1 | Segmento Protótipos.....                                                       | 96 |
| 6.1.2 | Melhor controlo dos indicadores de desempenho .....                            | 96 |
| 6.1.3 | Menores tempos de setup .....                                                  | 96 |
| 6.2   | Resultados esperados de propostas não implementadas.....                       | 97 |

|       |                                                                                                               |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2.1 | Otimização do teste elétrico.....                                                                             | 97  |
| 6.2.2 | Nova estante de componentes.....                                                                              | 97  |
| 7.    | Conclusão.....                                                                                                | 98  |
| 7.1   | Conclusões.....                                                                                               | 98  |
|       | Referências Bibliográficas.....                                                                               | 100 |
|       | Anexos.....                                                                                                   | 102 |
|       | Anexo 1 – Paragens corretivas nas máquinas komax alpha 355 e 411 durante o mês de Janeiro.....                | 103 |
|       | Anexo 2 – Análise reparações do segmento 2 durante o mês de Fevereiro.....                                    | 104 |
|       | Anexo 3 – Análise ABC realizada pela empresa em 2014.....                                                     | 106 |
|       | Anexo 4 - Gráfico de Fluxo e Sequência do processo produtivo da referência 387-6690 ....                      | 108 |
|       | Anexo 5 – Levantamento do número de paragens devido a setup e trocas de ferramenta.....                       | 110 |
|       | Anexo 6 – Registo das cronometragens realizadas à máquina komax alpha 411.....                                | 111 |
|       | Anexo 7 – Dados agrupados dos registos obtidos por cronometragem a todas as máquinas de corte da empresa..... | 112 |
|       | Anexo 8 – FMEA realizados aos processos no segmento 1.....                                                    | 114 |
|       | Anexo 9 – Cronometragens a operações desconsideradas durante a fase de teste elétrico ....                    | 116 |
|       | Anexo 10 – VSM de estado futuro.....                                                                          | 118 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ciclo Action-Research (adotado de Susman) .....                                         | 3  |
| Figura 2 - "Casa Lean" (adotado de Fujio Cho, (2001)).....                                         | 9  |
| Figura 3 - Fundamentos Kaizen (adaptada do conceito guarda-chuva de Imai,1986) .....               | 19 |
| Figura 4 - Ciclo PDCA (adotado de Hosotani,1992) .....                                             | 19 |
| Figura 5 - Pilares da TPM (adotado de Nakajima, 1989).....                                         | 22 |
| Figura 6 - Estágios SMED (adotado de Shingo, 2000) .....                                           | 28 |
| Figura 7 - Leoni Portugal.....                                                                     | 30 |
| Figura 8 - Estrutura Organizacional da Leoni Portugal.....                                         | 32 |
| Figura 9 - Estruturas empresariais da Leoni .....                                                  | 34 |
| Figura 10 - Diáspora europeia da Leoni .....                                                       | 35 |
| Figura 11 - Estrutura organizacional do grupo Leoni .....                                          | 35 |
| Figura 12 - Gama de produtos explorados pelo grupo Leoni .....                                     | 37 |
| Figura 13 - Produtos JCB.....                                                                      | 39 |
| Figura 14 - Produtos Caterpillar.....                                                              | 39 |
| Figura 15 - Produtos AGCO .....                                                                    | 40 |
| Figura 16 - Tábua de montagem com as instruções imprimidas e forquilhas de auxílio à produção..... | 45 |
| Figura 17 - Fluxo do processo produtivo.....                                                       | 46 |
| Figura 18 - Layout produtivo da Leoni .....                                                        | 47 |
| Figura 19 - Layout produtivo da cave (Zona de Protótipos e Amostras) .....                         | 48 |
| Figura 20 - Segmento 1.....                                                                        | 49 |
| Figura 21 - Komax Alpha 411(esquerda) e Komax Alpha 355(direita).....                              | 49 |
| Figura 22 - União dos filamentos de cobre na máquina de Shunts .....                               | 51 |
| Figura 23 – Linha de montagem na LP .....                                                          | 52 |
| Figura 24 - Mesa de teste elétrico JCB.....                                                        | 53 |
| Figura 25 - Máquina de braiding.....                                                               | 54 |
| Figura 26 - Máquina de Foaming .....                                                               | 55 |
| Figura 27 - Caixas utilizadas no embalamento de cablagens da JCB .....                             | 55 |
| Figura 28 - Desorganização no abastecimento e armazenamento dos materiais .....                    | 57 |
| Figura 29 - Fluxo de materiais na zona produtiva da Leoni .....                                    | 58 |

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 30 - Diagrama de Ishikawa que representa as principais causas de paragem de máquina .....                                                                       | 60 |
| Figura 31 - Linha de montagem Rotary LIRTPB0007 de estrutura dinâmica.....                                                                                             | 62 |
| Figura 32- Sistema de armazenamento atual dos mapas de montagem .....                                                                                                  | 67 |
| Figura 33 - VSM de estado atual da referência 357-6690.....                                                                                                            | 69 |
| Figura 34 - Principais causas de paragem não planeada nas máquinas de corte .....                                                                                      | 74 |
| Figura 35 - Valores obtidos para os três indicadores do OEE nos meses em estudo.....                                                                                   | 76 |
| Figura 36 - Comparativo dos valores obtidos durante o estudo com os níveis de OEE de classe mundial e dos níveis médios para indústrias do mesmo setor produtivo ..... | 77 |
| Figura 37 - Correia de alimentação para os rolamentos da máquina Komax .....                                                                                           | 78 |
| Figura 38 - Correia de alimentação aplicada nos equipamentos de corte Komax .....                                                                                      | 78 |
| Figura 39 - Ecrã com informação relativa aos indicadores de desempenho disponíveis em tempo real.....                                                                  | 79 |
| Figura 40 - Layout máquina de corte .....                                                                                                                              | 80 |
| Figura 41- Conversão de setups internos em externos .....                                                                                                              | 81 |
| Figura 42- Poupança em segundos entre o setup atual e o setup proposto.....                                                                                            | 82 |
| Figura 43 - Nova estante de componentes para as linhas de montagem .....                                                                                               | 84 |
| Figura 44 - Inclusão da fase "ler etiquetas" no teste elétrico da VOLVO .....                                                                                          | 85 |
| Figura 45 - Percurso desde o final da linha de montagem até à máquina de teste elétrico .....                                                                          | 89 |
| Figura 46 – Mesa de teste elétrico junto ao suporte das referências produzidas na linha 2780 .....                                                                     | 90 |
| Figura 47 - Atual disposição dos cavaletes de montagem no segmento 7.....                                                                                              | 91 |
| Figura 48 - Alteração da orientação dos cavaletes de montagem no segmento 7.....                                                                                       | 91 |
| Figura 49 - Desenho do novo guarda-mapas .....                                                                                                                         | 92 |
| Figura 50 - Protótipo para inserção automática de fios nos tubos .....                                                                                                 | 95 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Seis Grandes Perdas por Nakajima, 1989 .....                                                   | 24 |
| Tabela 2 - Cálculo do índice NPR (adaptado de Pinto (2001)) .....                                         | 26 |
| Tabela 3 - Técnicas associadas à ferramenta SMED.....                                                     | 29 |
| Tabela 4 - Análise SWOT.....                                                                              | 41 |
| Tabela 5 - Registos de paragens e produção não conforme nos meses em análise.....                         | 59 |
| Tabela 6 - Tempos obtidos a uma volta completa do carrinho/tabuleiro .....                                | 63 |
| Tabela 7 - Tarefas do plano atual de manutenção preventiva.....                                           | 64 |
| Tabela 8 - Tempos produtivos de todas as fases do processo de produção da referência 387-6690 .....       | 65 |
| Tabela 9 - Cronometragens obtidas durante a fase de montagem do cabo 387-6690.....                        | 66 |
| Tabela 10 - Tabela síntese dos problemas identificados .....                                              | 71 |
| Tabela 11 - Ações de formação a serem realizadas com os colaboradores .....                               | 73 |
| Tabela 12 - Cálculo do tempo de ciclo ideal nas máquinas de corte.....                                    | 75 |
| Tabela 13 - Indicador de qualidade para os meses em estudo .....                                          | 75 |
| Tabela 14 - Índice geral de eficiência para os meses em análise .....                                     | 76 |
| Tabela 15 - Sequência de operações no setup da máquina Komax Alpha .....                                  | 80 |
| Tabela 16 - Separação das operações de setup em externo e interno.....                                    | 81 |
| Tabela 17 - Poupanças relativas à aplicação do novo <i>setup</i> proposto para as máquinas de corte ..... | 83 |
| Tabela 18 - Parte do FMEA realizado em relação aos possíveis problemas nos fios .....                     | 83 |
| Tabela 19 - Novo plano de manutenção proposto para a linha 2780 .....                                     | 94 |
| Tabela 20 - Poupanças relativas à proposta da máquina de inserção de fios automática.....                 | 95 |



## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

- ERP – Enterprise Resource Planning
- LP – Leoni Portugal
- LPGT – Leoni Portugal Gabinete Técnico
- LPGA – Leoni Portugal Gestor de Atividades
- LPMCS – Leoni Portugal Multipart Carousel System
- LPSA – Leoni Portugal Sub-Assembly
- LPWIP – Leoni Portugal Work in Process
- NPR – Número de Prioridade de Risco
- OEE – Overall Equipment Efficiency
- SMED – Single Minute Exchange of Dies
- TPM – Total Productive Maintenance
- TPS – Toyota Production System
- VSM – Value Stream Mapping
- WID – Waste Identification Diagram
- WIP – Work in Process



## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se realizar uma primeira abordagem ao tema da dissertação “Aplicação de ferramentas e filosofias Lean numa empresa de produção de cablagens” apresentando sobretudo um enquadramento do tema, os principais objetivos propostos, a metodologia aplicada no desenvolvimento da dissertação e também a organização da mesma.

### 1.1 Enquadramento

Num ambiente cada vez mais competitivo todas as empresas sentem a necessidade de obter melhores formas de produção tornando o seu sistema produtivo mais eficiente. Atendendo a princípios de *Lean Production* (Womack, Jones, Roos, 1990) esta necessidade pode ser satisfeita pois o objetivo é reduzir os desperdícios existentes no sistema e nos processos de produção conseguindo assim responder eficazmente ao mercado. (Ōhno, 1988) afirma que o *Toyota Production System*, que dá origem ao *Lean Production*, tem como base a eliminação absoluta dos desperdícios (*muda*, em japonês).

Este desperdício é toda e qualquer atividade dentro da empresa que não agregue valor ao produto, ou seja, atividades que não oferecem valor acrescentado (Ōhno, 1988). Existem ainda segundo Marchwinski & Shook (2014), dois tipos de desperdícios: *Muda* tipo 1: não agrega valor, mas é inevitável dentro de uma determinada situação; e *Muda* tipo 2: não agrega valor e pode ser eliminado. (Ōhno, 1988) e (Shingo & Dillon, 1989) citam que tal eliminação aumenta a eficiência do processo por intermédio da redução dos seus custos. A eliminação, segundo estes autores, deve ser realizada de forma sistemática, com base em sete classes de perdas: superprodução, espera, transporte, sobreprocessamento, *stock*, movimentações e defeitos ou retrabalho.

Com o intuito de eliminar essas atividades sem valor acrescentado, o *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996) assenta em cinco pilares ou ideias chave: valor acrescentado (definido pelo cliente final), cadeia de valor (conjunto de todas as ações elaboradas para a criação de um produto), fluxo (existência de um fluxo contínuo entre todas as fases de produção, eliminação de lotes), produção puxada (lançamento de uma ordem de produção somente quando a fase seguinte da cadeia de valor necessita) e perfeição (procura sistemática da perfeição na sua cadeia de valor) (Womack & Jones, 1996).

Nas últimas décadas têm vindo a ser desenvolvidas ferramentas e metodologias que têm por base o pensamento *Lean*. Estes desenvolvimentos permitiram que processos de implementação de Produção *Lean* sejam feitos de uma forma mais estruturada, delineando etapas a executar e facilitando a concretização de objetivos (Maia, Alves, & Leão, 2012).

Uma destas ferramentas é o VSM (Value Stream Mapping) (Rother & Shook, 1999) que pretende realizar um diagnóstico das condições atuais do através da elaboração de um mapa atual no qual se pretende identificar, revelar e estudar os principais desperdícios e índices de performance para posteriormente realizar um Mapa do Estado Futuro que permita elaborar um plano de implantação de melhorias, com a possível utilização de outras ferramentas do tipo: SMED(Shingo, 1985), 5S(Hirano, 1996; Monden, 1983), Poka Yoke (Monden, 1983), Fábrica Visual, entre outras. Aplicando estes princípios e ferramentas, pretende-se trazer vantagem competitiva à empresa e fazer face à situação económica atual.

Esta vantagem competitiva é pretendida pela empresa onde foi realizada esta dissertação que é a empresa Leoni Portugal. Esta fábrica está inserida num grupo empresarial multinacional, ligado à indústria de cablagens e seus derivados. Atendendo a princípios e ferramentas de *Lean Production*, a empresa pretende reduzir alguns desperdícios existentes para assim conseguir responder eficazmente ao mercado. Esses desperdícios estão associados a problemas, alguns já identificados como as grandes distâncias percorridas dos materiais, os estrangulamentos no teste elétrico, elevado WIP, defeitos entre outros.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação consistiu no aumento da produtividade e na redução do custo de produção das cablagens através da aplicação de ferramentas *Lean*. Assim pretendeu-se :

- Identificar, estudar e eliminar os principais desperdícios
- Melhorar o balanceamento dos postos para aumentar a utilização das linhas
- Propor alternativas ao *layout*
- Desenvolver planos de manutenção preventiva baseados na TPM
- Eliminar o estrangulamento verificado na zona de teste elétrico
- Reduzir o WIP do sistema
- Reduzir o número de defeitos

### 1.3 Metodologia de Investigação

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa baseou-se na metodologia de investigação *Action-Research* cujo foco é a transformação de todos os membros envolvidos em investigadores, através do ‘aprender fazendo’ – em que a identificação de um problema dá lugar à tomada de uma ação para o resolver, sendo posteriormente verificados os resultados, que caso não sejam satisfatórios, originam uma nova tentativa repetindo o mesmo processo.

Susman (1983) distingue 5 fases (Figura 1) que devem ser levadas a cabo durante a investigação. Inicialmente o problema deve ser claramente identificado e os dados agregados para um diagnóstico mais detalhado. De seguida devem ser reunidas várias possíveis soluções das quais emerge apenas uma que deverá ser implementada. Após a análise dos dados resultantes da intervenção e das descobertas serem interpretadas será identificado se a solução foi ou não bem-sucedida. Aqui o problema é reavaliado e será iniciado um novo ciclo. O processo continua até o problema ser resolvido como tenta ilustrar a Figura 1.

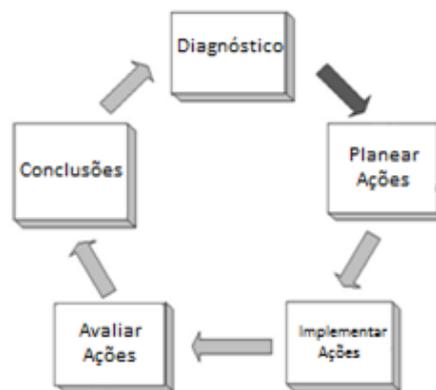


Figura 1 - Ciclo Action-Research (adaptado de Susman)

Na fase de diagnóstico identifica-se e define-se o problema, no caso específico o elevado WIP e a presença de vários tipos de desperdícios. Para isso foi necessário recolher dados através de observação e análise documental e medição de medidas de desempenho. Ferramentas que podem ser utilizadas nesta fase são análises de Pareto, diagramas de causa-efeito, 5Why e o VSM.

Na fase de planeamento identificam-se várias ações a planear tendo sido usadas ferramentas *Lean* adequadas aos problemas encontrados.

A fase seguinte é a implementação de ações onde foram esquematizadas e simuladas as soluções pretendidas para recolher valores das medidas de desempenho.

Na fase de avaliação e discussão de resultados foram comparadas medidas de desempenho para se poderem avaliar as consequências da ação elaborada e discutir resultados. Com os resultados obtidos na etapa anterior compará-los com os valores atuais da linha de produção, e perceber quanto se ganhou, quanto se perdeu e quais as estratégias que se podem usar para melhorar os resultados.

Na última fase, que é de conclusão e aprendizagem, identificaram-se os principais resultados e apresentaram-se as soluções que trouxeram mais vantagem ao sistema produtivo.

#### **1.4 Estrutura da Dissertação**

A dissertação está dividida em sete capítulos. No presente capítulo é feito um enquadramento ao tema selecionado, apresentando-se também os objetivos pretendidos, a metodologia de investigação utilizada bem como a organização da dissertação.

No segundo capítulo é elaborada a revisão da literatura focando-se a filosofia do *Lean Manufacturing*, a sua origem e princípios. Além disso, são ainda descritas algumas ferramentas desta filosofia, como o SMED, *Kaizen* ou o *Standard Work*.

O terceiro capítulo é exclusivamente dedicado à apresentação e caracterização do grupo LEONI AG e da LEONI Portugal. Nesse sentido, é dada ênfase à sua história; à sua distribuição geográfica; missão, valores e visão; recursos humanos existentes, focando sobretudo a sua estrutura organizacional, recrutamento, admissão e formação, assim como a política social; e os seus principais produtos, mercados e clientes.

No quarto capítulo é descrita e analisada a situação atual da empresa, começando-se por explicar o processo de produção geral e por selecionar e caracterizar o setor a estudar, para o qual se identificam posteriormente alguns problemas gerais. No início do capítulo também é apresentada uma breve descrição dos principais setores produtivos, bem como o fluxo de informação geral e a gestão que existe ao nível da qualidade. Na parte final do capítulo os problemas identificados nesta fase de diagnóstico são sintetizados através de uma tabela, onde é igualmente distinguido o setor correspondente a cada um deles.

No quinto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria, resultantes da procura de soluções para os problemas encontrados, sendo fundamentadas em princípios e ferramentas da teoria estudada. Neste capítulo são também já distinguidos alguns benefícios obtidos com a implementação de algumas das propostas.

No sexto capítulo é apresentada a implementação de algumas das propostas feitas e são discutidos e medidos alguns dos indicadores desejados. Além disto, é ainda apresentado um plano futuro do trabalho a desenvolver.

O capítulo sete representa a conclusão do trabalho realizado, apresentando-se seguidamente as referências bibliográficas. Neste espaço são também apresentadas algumas limitações e sugestões para futuras linhas de investigação.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo faz uma revisão bibliográfica do modelo organizacional aplicado nesta dissertação, o modelo de produção *Lean*. Como tal, são identificados os modelos anteriores ao *Lean Production*, a sua origem e enquadramento histórico, os seus princípios fundamentais e principais desperdícios nos sistemas produtivos. São também descritas algumas das suas principais ferramentas: 5S, SMED, Gestão visual, TPM, Kaizen, *Standard Work* e uma ferramenta de diagnóstico ainda em desenvolvimento, o *Waste Identification Diagram*. Por fim, são apresentados também vários tipos de implantações de sistemas produtivos, bem como reconfigurações destes para um melhor ajuste aos competitivos mercados de hoje.

### 2.1 *Lean Production*

A criticidade da situação económica atual e aumento de competitividade em quase todos os mercados obrigam as organizações a procurar novas estratégias de produção que sejam capazes de reduzir os seus custos e de se diferenciarem da concorrência. A inovação é um pilar chave nesta procura e a inovação dos processos produtivos deve ser fomentada para se conseguir tornar mais ágil e acrescentar maior valor do ponto de vista do cliente. A alienação destes fatores no mesmo sistema produtivo e acrescentando a estes uma redução imediata dos desperdícios observados traduz-se num modelo organizacional *Lean* capaz de dar resposta aos problemas das empresas.

O pensamento *Lean* procura fazer mais com menos, ou seja, procura produzir no momento certo, as quantidades certas, dos produtos certos, servindo-se de menos equipamentos, menos tempo, menos espaço, menos recursos humanos e materiais (Kajdan, 2008). Em poucas palavras, o *Lean Production* pode ser definido como: “doing more with less” (Womack et al., 1996).

Esta filosofia rapidamente se revelou bem-sucedida, principalmente na empresa japonesa Toyota tendo sido amplamente divulgada após o aparecimento do livro: “The Machine That Changed The World” em 1990, dos autores J. P. Womack, D. Roos e D. Jones. Liker, (2004) afirmava ainda que as organizações que aderem a esta filosofia produtiva tornam-se mais competitivas quando comparadas com paradigmas de produção anteriores.

### 2.1.1 Ascensão e queda da produção em massa

A produção em massa surgiu em 1913, em Detroit, quando Henry Ford descobriu que uma linha de montagem em movimento usando moldes conseguia reduzir drasticamente o custo de produção dos automóveis na sua fábrica (Tolliday & Zeitlin, 1992). Este paradigma de produção consiste na manufatura de grandes quantidade de produtos iguais a baixos preços e com uma força laboral reduzida, frequentemente utilizando linhas de produção. A produção em massa também denominada produção em série é tipicamente caracterizada por uma espécie de mecanização para atingir grandes volumes, uma organização detalhada do fluxo de materiais e um controlo de qualidade e divisão de trabalho otimizado.

Com o início da segunda guerra mundial a indústria automóvel estagnou, no entanto, a produção em massa de jeeps e motores de avião em muito ajudou os Aliados a vencerem a guerra e conduziu esta indústria a uma maior consolidação. No final dos anos setenta as vontades dos consumidores gradualmente passaram para carros mais pequenos, económicos e fiáveis. E com o ressurgimento da indústria japonesa após o desbaste da guerra, baseada fundamentalmente num novo e mais eficiente sistema produtivo utilizando métodos *just-in-time*, rapidamente a produção em massa se tornou obsoleta e obrigou as grandes construtoras americanas a adaptarem-se a um novo paradigma: o *Lean*, baseado no sistema produtivo da Toyota (TPS) (Monden, 1983); (Ōhno, 1988).

### 2.1.2 Origem e definição

O conceito de *Lean* teve origem com a empresa da família Toyoda, e com os teares desenvolvidos por Sakichi que além de funcionarem sem operações manuais eram capazes de serem parados quando existia algum problema, evitando assim possíveis defeitos. Este conceito tornou-se um dos pilares desta empresa, mais tarde conhecida como Toyota Motor Co., e ajuda as empresas a conseguir melhores resultados com menos recursos, tempo e custos.

Este conceito foi amplamente popularizado por Womack et al. (1990) com o seu livro “The Machine That Change The World” no entanto anteriormente era apenas implementado no *shop floor* produtivo e usualmente referido como: “*Lean Production*” ou *Lean Manufacturing*”. Hoje em dia, o conceito de *Lean* é muito mais abrangente e é aplicado a vários sectores industriais muito para além do *shop floor* de empresas individuais (Alves et al., 2014).

Ward et al., (1996) descrevem o *Lean* como uma filosofia de gestão que se debruça sobre a identificação e eliminação de desperdícios dentro e para lá da cadeia de valor dos produtos da empresa. É um caminho para conseguir redução de custos, qualidade e melhoria de eficiência nos processos através de menos recursos produtivos.

Shingo (1989) vai ainda mais longe no que toca a identificação de desperdícios afirmando que o desperdício mais perigoso é aquele que a empresa não reconhece. Dean e Bowen (1994) afirmam que se trata de uma filosofia de gestão que pode ser caracterizada pelos seus princípios, práticas e técnicas, que podem ser chamados de princípios *Lean*.

Então pode-se afirmar que a ideia principal do *Lean* é maximizar o valor do produto enquanto se minimizam os desperdícios, ou seja, uma empresa *Lean* para atingir o objetivo ideal teria de providenciar um produto de valor perfeito do ponto de vista do cliente através de um processo de criação de valor que tenha zero defeitos. Este conceito, “Zero defeitos” não significa que erros não aconteçam, mas sim, que não haja permissão para errar um número “aceitável” de vezes (Crosby, 1979), o que tendencialmente encoraja a ocorrência de defeitos.

Portanto de forma a envolver todos os conceitos e princípios defendidos na definição de *Lean*, foi desenvolvida por (Cho, 2001), uma casa que representasse esta ideologia de uma forma de fácil compreensão (Liker, 2004) tal como está representado na Figura 2.

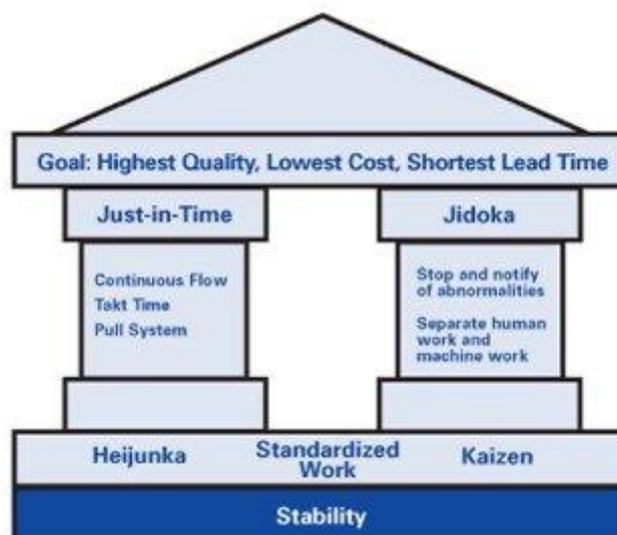


Figura 2 - "Casa Lean" (adotado de Fujio Cho, (2001))

Ohno (1988) afirma que a produção *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka* (autonomação) são os dois grandes pilares do TPS. Para Monden (1998) o termo JIT centra-se na produção daquilo que é necessário apenas quando necessário e na quantidade necessária. *Jidoka* pode admitir mais que um significado, por exemplo, para Monden (1998) traduz-se no controlo automático de

defeitos através de ferramentas que funcionam como mecanismos de prevenção de erros, no entanto, para Standard & Davis (1999) traduz-se simplesmente para inspeção de qualidade na fonte. Estes dois pilares assentam em ferramentas que procuram a melhoria contínua de processos e na redução de custos através da eliminação de desperdícios (Monden, 1998).

## 2.2 Princípios do *Lean Thinking*

Womack, Jones e Ross (1990) foram os responsáveis por traduzir o TPS para o Oeste, divulgando a designação *Lean Production* para este sistema. Para eles, a produção *Lean* utiliza metade dos recursos humanos, metade do espaço para produção, metade do investimento em ferramentas, metade das horas para a engenharia desenvolver um novo produto, além de apenas precisar de metade do inventário, o que resulta em menos defeitos e no aumento da variedade de produtos.

Estes autores definiram cinco princípios que servem de base ao pensamento *Lean*, e que são: 1) identificar o valor do ponto de vista do cliente; 2) identificar o fluxo de valor de cada produto; 3) criar fluxo de valor contínuo; 4) implementar sistema de produção puxada (pull); 5) procurar a perfeição. Os autores sugerem ainda que a sequência definida pode servir de guia para o sucesso da implementação do pensamento *Lean* nas organizações.

De seguida descreve-se sucintamente esses princípios:

**Valor:** Perceber do ponto de vista do cliente o que é o “valor”, ou seja, tudo aquilo que vê e está pronto a pagar. Pelo contrário oferecer um produto que não consiga satisfazer as necessidades e requisitos do cliente constitui um desperdício, precisamente porque não há criação de valor. A empresa deve preocupar-se em criar uma relação com base numa comunicação clara e concisa e na compreensão mútua que permitirá produzir aquilo que o cliente pretende.

**Cadeia de valor:** identificar todas as operações na cadeia de valor para cada família de produtos, ou seja, listar todas as atividades, de todas as áreas envolvidas para que nos seja possível identificar e remover desperdícios do processo. Para conseguir identificar a cadeia de valor com precisão, ferramentas como o WID (Alves et al., 2014) e o VSM (Rother & Shook, 1999) são as mais indicadas.

**Criação de fluxo contínuo:** Cada vez que um produto é requisitado pelo cliente é desencadeada uma ordem que permite a produção e em que cada posto de trabalho inicia a execução das suas operações apenas, e só quando o posto a montante terminar

as suas. Desta maneira é possível reduzir o *lead time* dos produtos e melhorar a qualidade e custos dos mesmos permitindo também a eliminação de possíveis desperdícios.

Sistema *Pull* de produção: através da compreensão daquilo que o cliente pretende é possível criar um processo que providencie essas mesmas exigências, ou seja, entregando aquilo que o cliente pede, quando ele precisa e onde vai ser necessário. Neste paradigma de produção apenas se dá início ao processo quando é colocada uma encomenda pelo cliente, ou seja, quando o cliente puxa a produção. Produção *Pull*, segundo (Knod & Schonberger, 2001) difere do modelo de produção tradicional (*Push*) no que toca ao elo da cadeia que controla o fluxo produtivo. De acordo com estes autores, na produção *Push*, o fornecedor empurra, sem solicitação, o resultado do seu trabalho para o cliente. Na produção *Pull*, o cliente precisa sinalizar para que o fornecedor lhe envie o resultado do seu trabalho.

Perseguição da Perfeição: o mundo está em constantes alterações e portanto também os processos da organização necessitam de se adaptar para ir ao encontro dessas alterações de requisitos. Assim, e adotando mecanismos de revisão próprios assegura-se que aquilo que se produz é exatamente aquilo que o cliente quer, não só no presente como no futuro.

A remoção de desperdícios é a pedra basilar para uma implementação do *Lean* bem-sucedida e providencia uma grande oportunidade para a melhoria de performance no sistema produtivo. Citando Womack & Jones (1996), à medida que as organizações começam a especificar valor com a precisão; identificam o valor total; à medida que vão transformando o seu sistema na direção do fluxo contínuo e deixam que o cliente puxe a sua produção, algo muito estranho começa a ocorrer. Ocorre aos envolvidos que o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros é infinito.

Por outras palavras, no início o *Lean*, começa por melhorar processos individuais mas os lucros só serão realmente significativos quando estes cinco princípios são atingidos, significando que a organização se encontra no rumo certo e que cada tarefa acrescenta valor para o cliente. É precisamente por esta razão que o *Lean* é visto como uma longa jornada de melhorias sustentadas no processo produtivo e não uma solução de conserto rápido.

### 2.3 Tipos de desperdício

Shingo & Dillon (1989) e Ohno (1997) apontam como pedra basilar do sistema Toyota de produção a eliminação total dos desperdícios, citando que tal eliminação aumenta a eficiência do processo por intermédio da redução dos seus custos. Ainda segundo estes autores, o trabalho pode ser dividido em dois tipos: aquele que acrescenta valor (que consiste numa alteração física do material ou da sua qualidade) e aquele que não acrescenta valor (*muda*).

*Muda*, palavra japonesa que significa desperdício, é a utilização de recursos em quantidade superior à que seria realmente necessária para o fabrico do produto de acordo com os requisitos do cliente. Existem segundo Shook & Marchwinski (2007), dois tipos de desperdícios:

*Muda* tipo 1 - aquele que não acrescenta valor mas é inevitável dentro do processo;

*Muda* tipo 2 - não acrescenta valor e pode ser eliminado.

A eliminação dos desperdícios, segundo Shingo (1985) e Ohno (1988) deve ser realizada de forma sistemática, com base em sete classes de perdas: sobreprodução, esperas, transportes, sobre processamento, *stocks*, movimentações e retrabalho, e que são descritas sucintamente a seguir:

- Sobreprodução: é considerada por Ohno (1988) a classe de desperdício mais nociva ao processo produtivo, pois ocorre quando há produção de artigos sem encomenda do cliente o que gera enormes perdas com excesso de pessoal, *stocks* e custos de transporte devido ao excesso de stock. Shingo (1985) faz ainda distinção de duas categorias de sobreprodução: 1) Quantitativa: produzir maior quantidade daquela que é necessária; 2) Antecipada: produzir antes do prazo que seria necessário.
- Esperas: trata-se do desperdício de tempo disponível. O sistema de produção *Lean* dá ênfase ao fluxo de materiais e não às taxas de utilização dos equipamentos, os quais só devem trabalhar se houver necessidade portanto ênfase ao homem em detrimento da máquina, ou seja, o homem não pode estar parado à espera, mas a máquina pode esperar para ser utilizada. Liker (2004) distingue dois tipos distintos:
  - 1) Esperas de produto: quando artigos intermédios criam filas de espera para serem processados (WIP, *work in process*) ou devido a produção de grandes lotes;
  - 2) Esperas de mão-de-obra: ocorre quando funcionários estão parados à espera que alguma máquina processe para poderem executar o próximo passo, ou então, simplesmente, por não terem trabalho.

- Transportes - Caracteriza-se por movimentações desnecessárias de materiais e informação. Liker (2004) considera transportes desnecessários todas as transições de peças e produtos entre processos e também para dentro e fora do armazém. Para Shingo (1985) a eliminação de desperdícios relacionados com o transporte passa pela otimização do *layout* fabril.
- Sobre processamento - É um tipo de perda que ocorre quando um produto ou artigo é produzido num processo com operações desnecessárias ou com subutilização da sua capacidade produtiva. Liker (2004) distingue duas categorias dentro deste desperdício:
  1. Super processamento: ocorre quando produtos são produzidos com excesso de operações e até com qualidade superior àquela que seria necessária;
  2. Processamento incorreto: inclui as perdas causadas pela rejeição de algum artigo ou produto por problemas de qualidade o seja quando há geração de defeitos dentro do processo.
- *Stocks* - Para Liker (2004) consiste no excesso de matéria-prima, WIP e produtos finais dentro do espaço fabril. Ainda segundo este autor, este tipo de *muda*, causa *lead times* mais longos, custos de transporte produtos danificados e obsoletos além de contribuir para entregas atrasadas, defeitos e longos tempos *setup*.
- Movimentações - Para Liker (2004) este desperdício consiste em qualquer movimento que os operadores executem que não acrescente valor ao produto, tais como, empilhar artigos, procurar ferramentas, caminhar, entre vários outros. É um desperdício muito comum e normalmente associado à má organização dos postos de trabalho e *layouts* desadequados.
- Defeitos - Desperdício que está intimamente ligado com as não conformidades encontradas nos produtos. Para Liker (2004) atividades como: consertar, retrabalhar, descartar e até inspecionar significam perdas de tempo e esforço. Para além disso, se não houver uma deteção desses mesmos defeitos poderá originar insatisfação dos clientes. Devem ser aplicadas técnicas de controlo e *poka yokes* que sejam capazes de encontrar e evitar o erro logo na sua origem para conseguir evitar o retrabalho.

Para além destes desperdícios supracitados, Liker (2004) sugere ainda um oitavo, o desperdício da criatividade dos funcionários, representado pela perda de ideias, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não ouvir e envolver os funcionários.

## 2.4 Técnicas e ferramentas *Lean*

Nesta secção são apresentados algumas ferramentas *Lean*, designadamente, *standard work*, metodologia 5S, Kaizen, TPM e SMED que foram auxiliares do trabalho desenvolvido durante o projeto de mestrado.

Apesar de, segundo Ohno (1988) todas as técnicas e ferramentas do *Lean* serem importantes e objetivarem a eliminação dos desperdícios presentes na organização, alguns autores afirmam que devem ser implementadas seguindo uma sequência. Um destes autores, Monden (1998) defende que para serem atingidos os pilares da filosofia é necessário aplicar as seguintes ferramentas de forma sequencial: sistema Kanban, produção nivelada, SMED, *standard work*, layout de células de produção, A3, Gestão Visual e, por fim, *Six Sigma*.

No entanto, segundo Melton (2005) a conjugação das técnicas/ferramentas é o fator que poderá comprometer o sucesso da implementação e não a sequência seguida na implementação. Assim, conclui-se que parece não existir consenso entre as técnicas a aplicar e uma sequência ótima da implementação.

### 2.4.1 *Standard Work*

A padronização ou normalização do trabalho, segundo Monden (1983), deve ser constituída por três componentes-chave que são:

- Tempo de ciclo padronizado: tempo necessário para a produção de um artigo sem defeito desde o início do processo até à sua conclusão.
- Sequência de trabalho padronizada: sequência de tarefas padronizadas baseada em tempos e métodos pré-definidos que serão repetidos pelo operário durante o período laboral.
- Inventário do WIP padronizado: quantidade mínima de inventário necessária para o normal desenrolar da atividade produtiva sem que exista interrupções do fluxo de produção ou tempos não produtivos.

A sequência de trabalho padronizada está, normalmente contida em folhas de processo padronizadas. Para Ohno (1988) a utilização de folhas de processo padronizadas e a informação nela contida são os mais importantes elementos no TPS, pois segundo o autor sem um *standard* não existe uma base para se poder melhorar. A informação contida nestas folhas de processo combina os materiais utilizados, as suas quantidades, a melhor sequência possível

no processo, tempos de ciclo e também alguns requisitos de qualidade e segurança na execução da tarefa.

Além disso, todo o trabalho se encontra padronizado seguindo *standards* de melhor utilização possível dos recursos humanos e materiais baseado nos tempos de ciclo estipulados. Estas folhas de processo permitem que qualquer operador, mesmo com pouca prática, consiga executar a tarefa sempre da maneira convencionada, eliminando à partida a possibilidade de erros e desperdícios.

Liker (2004) defende dois princípios fundamentais para uma boa prática desta ferramenta:

- As informações contidas na folha de trabalho padronizada devem ser claros e específicos, constituindo um *roadbook* de todo o processo;
- As melhorias que surgem devem ser realizadas pelos operários, uma vez que são eles que são conhecedores da atividade e método de execução.

Ainda segundo este autor, o operador deve ser treinado com a folha de processo, devendo depois executar a tarefa sem recorrer à sua visualização. Esta folha deve ser colocada junto do posto apenas para que a hierarquia possa averiguar se o operador está a executar corretamente os procedimentos. Apesar desta prática parecer muito rígida, o autor admite que um dos elementos chave do TPS centra-se na valorização do operário dentro da organização, e segundo o próprio, a grande diferença entre o taylorismo e o sistema Toyota é que o último defende que o trabalhador é um recurso valioso e não apenas um “par de mãos” pronto a receber ordens.

Os benefícios desta prática, segundo Monden (1981), vão para além da identificação das atividades que agregam valor e da minimização de desperdícios pois conseguem reduzir o número de falhas humanas, obter a melhor organização sequencial do trabalho de cada operário, o aumento da qualidade dos produtos e segurança dos operários.

Para além destas vantagens, Emiliani( 2008) defende que com esta ferramenta é possível garantir uma melhoria na qualidade do processo, reduzir a sua variabilidade e torná-lo mais estável.

#### 2.4.2 Metodologia 5S

Os 5S são uma metodologia cujo objetivo passa pela sistematização das atividades de arrumação, organização e limpeza dos postos de trabalho de maneira a manter um ambiente de trabalho propício ao desenvolvimento das atividades laborais. Além disso, Monden (1981)

afirma ainda que é uma metodologia que procura alterar a maneira de pensar e agir das pessoas envolvidas na organização e visa também a eliminação de desperdícios que são facilmente visíveis se o sistema estiver limpo e organizado. Segundo Santos et al., (2014) Hirano desenvolveu uma metodologia que permite à organização trabalhar apenas com os elementos essenciais e transformar o sistema num ambiente de trabalho limpo e organizado.

A ferramenta 5S ganhou este nome devido às iniciais das cinco palavras japonesas que sintetizam os cinco pilares do programa:

- *Seiri* (selecionar) – consiste em manter no local apenas o necessário e adequado à execução das tarefas e ao ambiente de trabalho. A mensagem do primeiro pilar segundo Santos et al. (2014) é a mais forte, pois é essencial para a organização conseguir-se livrar de todos os objetos que não são necessários. E para atingir este objetivo o autor defende uma triagem com 3 categorias para agrupar esses objetos: aqueles que são usados frequentemente, aqueles que provavelmente ainda serão usados e por último aqueles que nunca serão usados. Todos os elementos que pertençam a uma das duas últimas categorias devem ser retirados imediatamente do posto de trabalho e aqueles que ainda poderão vir a ser utilizados devem ser armazenados numa área específica para evitar serem sucitados ou eliminados;
- *Seiton* (organizar) – consiste em organizar todos os elementos que sejam necessários à realização das tarefas alocadas ao posto de trabalho. A implementação deste pilar só faz sentido após a conclusão da etapa *Seiri* até porque não traria nenhuma vantagem arrumar e organizar objetos que não sejam necessários ao posto de trabalho. O principal objetivo deste pilar segundo Santos et al. (2014) passa por reduzir o tempo utilizado em procuras de material bem como facilitar a movimentação de objetos dentro da organização. Isto porque segundo o mesmo autor, os desperdícios mais comuns são a inabilidade do operador em encontrar uma ferramenta ou documento, a existência de uma gaveta com vários componentes desorganizados ou mesmo a existência de portas desnecessárias, tudo elementos que fazem aumentar os tempos improdutivos do operador.
- *Seiso* (limpar) – consiste em deixar o posto limpo e as máquinas e ferramentas de trabalho em perfeitas condições de funcionamento. Neste pilar está implícita uma definição bem clara de regras de limpeza, como áreas a serem limpas, a frequência e o responsável por essas limpezas bem como o melhor método para serem efetuadas. Segundo Santos et al. (2014) a falta de limpeza pressupõe riscos para os funcionários,

por exemplo superfícies oleosas, ou componentes no chão que possam perfurar um sapato, etc. O mesmo autor afirma ainda que a falta de limpeza também contribui para paragens de equipamentos dando o exemplo de sujidades que não permitam a leitura de níveis de óleo ou pressão dos mostradores que poderão em última instância levar à falha do equipamento e reduzir a sua vida útil. Ainda segundo este pilar o autor refere também que não deve ser esquecido que o ponto de partida é a implementação do 5S e não um projeto de manutenção. Por isso recomenda que paralelamente à implementação desta ferramenta se inicie um projeto de manutenção e inspeção que irá garantir uma maior fiabilidade dos equipamentos.

- *Seiketsu* (padronizar) - este quarto pilar não pressupõe um objetivo concreto como os três que o antecederam. O pilar da padronização só é atingido quando os três primeiros tiverem sido implementados e incluídos na rotina diária da organização. Este pilar, segundo Santos et al. (2006), acrescenta a palavra ‘preventiva’ a cada um dos anteriores tentando reduzir o esforço inicial despendido para os atingir. Ou seja, este pilar envolve a transformação dos três precedentes em rotina diária pretendendo a melhoria contínua dos postos de trabalho, da produtividade e também o fomento da responsabilidade dos colaboradores e da sua criatividade.
- *Shitsuke* (disciplinar) – Este pilar pretende assegurar que os envolvidos se mantêm motivados e envolvidos no projeto e aplicar os procedimentos definidos nos pilares precedentes. Neste pilar está implícito que sem disciplina o espaço de trabalho rapidamente acumulará material desnecessário e voltará ao seu estado inicial. Segundo Santos et al. (2006) a disciplina é a base que sustenta todos os pilares anteriores porque conduz a boas práticas laborais dentro da organização. O autor acrescenta ainda que se um local de trabalho voltar ao seu estado inicial de desorganização após a tentativa de implementação da metodologia tornar-se-á muito mais difícil implementá-la novamente por isso deve ser levada com responsabilidade desde o início.

Segundo The Productivity Press Development Team (1996) os benefícios da implementação desta metodologia podem ser divididos em benefícios pessoais e benefícios para a empresa. Em relação aos primeiros, os benefícios são: oportunidade do operário contribuir com as suas ideias e opiniões em relação à disposição do posto de trabalho e na forma como deve ser realizado; oportunidade de usufruir de um espaço de trabalho organizado e mais agradável; remoção de todos os obstáculos que se encontrem no posto de trabalho, maior facilidade de

comunicação entre postos de trabalho, o que permitiria a realização das atividades produtivas com maior motivação e empenho.

Em relação aos segundos, os benefícios são: redução de defeitos uma vez que o local de trabalho e equipamentos se encontram limpos e arrumados o que conduz ao aumento da qualidade dos produtos; redução de desperdícios como *stocks* intermédios; redução de atrasos pois existindo menos defeitos e retrabalho asseguram-se as entregas no tempo devido; redução do número de lesões dos operários gerando um aumento de segurança e condições de saúde e higiene no trabalho; redução das avarias, devido à limpeza e manutenção diária dos equipamentos conduzindo a um aumento da disponibilidade dos mesmos; redução do número de reclamações, garantindo um produto de qualidade dentro dos prazos estipulados; redução dos tempos de Setup visto que se perde menos tempo na procura de ferramentas.

#### 2.4.3 Kaizen

*Kaizen* é uma palavra de origem japonesa que significa melhoria contínua – “*Kai*” significa mudar, e “*Zen*” significa melhor. Este conceito foi introduzido por Masaaki Imai no livro “*Kaizen, a chave para o sucesso*” e segundo o autor a melhoria contínua pode ser aplicada em qualquer local e que para ser bem-sucedida o conceito deve começar desde a gestão de topo e ter como o seu principal objetivo a eliminação de desperdícios em toda a extensão da organização Imai (1986).

Segundo Ortiz (2006) o sucesso desta metodologia depende unicamente dos operadores não existindo necessidade de recorrer a grandes investimentos financeiros. Imai (1986) explica o *kaizen* com o conceito de guarda-chuva que cobre a maior parte das técnicas de gestão japonesas que ajudaram as empresas nipónicas a reestruturarem-se no pós-guerra e a tornarem-se competitivas mundialmente nos anos 80. A Figura 3 tenta ilustrar esse conceito introduzido por Imai (1986).



Figura 3 - Fundamentos Kaizen (adotada do conceito guarda-chuva de Imai,1986)

O *kaizen* segundo Imai (1986) tem duas componentes principais que incluem a melhoria e manutenção dos procedimentos operacionais da organização envolvendo tanto a disciplina como treino. O autor distingue ainda o conceito da palavra inovação, que segundo o mesmo representa uma melhoria significativa resultante de uma alteração importante, como um investimento em novas tecnologias ou equipamento, ao contrário do *Kaizen* que representa pequenas melhorias no sistema atual.

Esta metodologia é apoiada por uma ferramenta denominada por ciclo PDCA proposto por (Shewhart & Deming, 1939) que contribui para diversos problemas de gestão e promove a melhoria contínua. Esta ferramenta é constituída por 4 fases (*Plan, Do, Check e Act*) sendo estruturada de forma cíclica. Na primeira fase, *Plan*, onde são estabelecidas as metas a alcançar. Na segunda fase, *Do*, são postos em prática os planos traçados anteriormente. Na terceira fase, *Check*, são analisados os resultados obtidos e por fim na última fase, *Act*, são efetuadas correções para melhorar o processo já pensando no próximo ciclo que se inicia. Na Figura 4 encontra-se representado o ciclo PDCA.

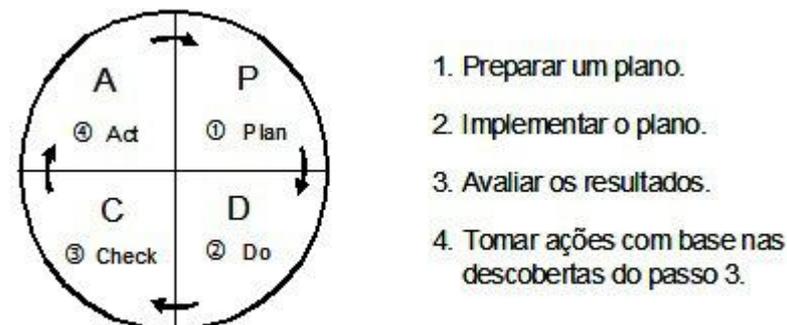


Figura 4 - Ciclo PDCA (adotado de Hosotani,1992)

#### 2.4.4 Total Productive Maintenance (TPM)

*Total Productive Maintenance* (TPM) surgiu nos Estados Unidos após a Segunda Guerra Mundial numa altura em que se tornou necessário obter uma maior eficiência dos equipamentos que até então apenas trabalhava sobre o conceito de manutenção corretiva, ou seja, só eram aplicadas tarefas de manutenção quando existia falha nos equipamentos.

Segundo Ohno (1988) o valor de uma máquina não é determinado pelos anos de serviço mas sim pelo poder de rendimento que ainda resta. Este autor discorda da filosofia económica que afirma que não vale a pena investir mais num equipamento sendo o seu valor residual igual a zero e sim adquirir um novo modelo. O aparecimento do TPM vem responder a essa necessidade, ou seja, trata-se de um conjunto de estratégias destinadas a treinar e desenvolver todos os colaboradores da organização para cuidarem dos seus equipamentos como de objetos pessoais se tratassem.

O grande objetivo será a diminuição e, até, eliminação da manutenção corretiva e fomentar o próprio utilizador do equipamento a realizar as operações de manutenção autónoma assegurando que o sistema produtivo funcione de forma eficiente com o mínimo de paragens possíveis.

Também para Nakajima(1989) a manutenção corretiva é um impedimento nos sistemas produtivos modernos, afirmando que este tipo de manutenção para além de não permitir a melhoria contínua traz elevados custos de reparação e muitos problemas a nível de qualidade. Foi este autor, Nakajima (1989), que propôs a sigla TPM, em que a letra “T” de *Total* representa a eficiência global do tempo de vida útil dos equipamentos; a letra “P” de *Productive* representa a procura o cenário máximo de eficiência produtivo, almejando a inexistência de defeitos; e a letra “M” de *Maintenance* que representa a manutenção cujo objetivo está centrado no aumento da longevidade dos equipamentos.

Nakajima (1989) defende ainda que para aplicação da filosofia com sucesso é necessário o envolvimento de todos os operários que teriam de ser responsáveis pelos equipamentos em que estão alocados. Para o autor, a TPM só é alcançável se previamente existir uma base da metodologia 5S e se forem seguidos todos os 8 pilares da casa TPM. Estes pilares, representados na Figura 5, são descritos a seguir baseados no modelo de Nakajima (1989):

- 1º Pilar – Melhorias específicas (*Kobetsu Kaizen*): tem como objetivo listagem de potenciais melhorias que podem ser realizadas visando a eliminação dos diferentes tipos de desperdícios já abordados;

- 2º Pilar – Manutenção autónoma (*Jishu Hozen*): tem por objetivo responsabilizar os colaboradores pelos equipamentos a que estão alocados. O operário deve ser capaz de identificar possíveis oportunidades de melhoria bem como de eliminar pontos fracos observados;
- 3º Pilar – Manutenção planeada: tem como objetivo a redução de todos os custos da manutenção através da criação de um plano de manutenção preventiva, controlo estatístico de registos de avarias e peças substituídas, entre outras atividades;
- 4º Pilar – Manutenção de qualidade: tem como objetivo manter as condições ideais de funcionamento dos equipamentos assegurando foco na manutenção preventiva ao invés da reativa, ou seja, após ter acontecido a falha;
- 5º Pilar – Treino e formação: tem como objetivo a formação dos colaboradores em tudo o que envolve o seu relacionamento com a máquina, desde segurança, aumento de responsabilidades e motivação contínua;
- 6º Pilar – TPM administrativo: tem por objetivo a expansão da filosofia a toda a empresa procurando acompanhar e controlar a sua implementação;
- 7º Pilar – Gestão dos equipamentos: tem como objetivo reduzir custos de manutenção e aumento de vida útil dos equipamentos através de atividades levadas a cabo durante o planeamento que irão aumentar a fiabilidade, manutibilidade, segurança e flexibilidade destes equipamentos;
- 8º Pilar – Segurança e ambiente: partindo do princípio que equipamentos defeituosos são fonte de perigos para os operadores este pilar tem como objetivo assegurar a fiabilidade dos equipamentos, prevenir erros humanos e eliminar acidentes e poluição.

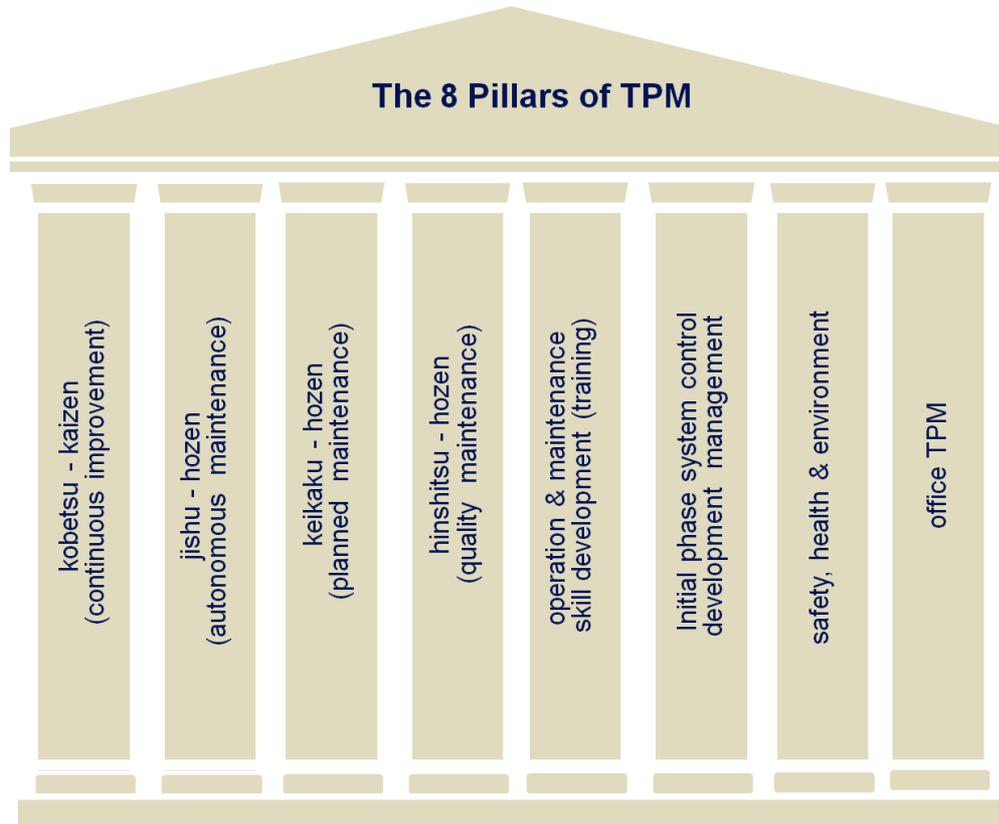


Figura 5 - Pilares da TPM (adotado de Nakajima, 1989)

Alguns conceitos associados ao TPM como o Overall Equipment Effectiveness (OEE) são, de seguida, brevemente descritos.

#### 2.4.4.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O conceito de OEE tem vindo a ser cada vez mais utilizado na indústria e é um componente chave tanto no TPM como no *Lean Maintenance*. A sua utilização permite às empresas monitorizar e melhorar a eficiência dos vários processos de produção, sejam eles, máquinas, células de produção, linhas de produção.

Este índice é uma medida de desempenho muito mais abrangente a nível de aspetos de produção, não se incidindo apenas na disponibilidade e performance dos equipamentos, mas também nas perdas de eficiência que resultam do retrabalho e de produtos não conformes. De acordo com Tajiri & Goto(1992) a metodologia OEE relaciona três fatores de extrema importância: a qualidade, a disponibilidade e o desempenho. Este indicador, expresso em percentagem, obtêm-se através do produto destes três fatores:

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade$$

O índice de desempenho analisa a quantidade de produtos que o equipamento deveria ser capaz de produzir, comparativamente com a quantidade real, que atualmente está a ser produzida. Tendo em consideração todas as perdas de velocidade, que incluem qualquer fator que impeça o processo de decorrer à máxima velocidade possível. Quer estas sejam pequenas interrupções ou reduções na velocidade de operação provocadas pelo desgaste do material. Este índice pode ser obtido aplicando a equação a seguir apresentada:

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de Ciclo Teórico} \times \text{Quantidade Produzida}}{\text{Tempo Produtivo Disponível}}$$

O índice de disponibilidade tem em consideração perdas de tempo por inatividade que incluem eventos que obrigam a uma paragem não planeada da produção. Este índice é baseado na relação entre o tempo de paragem planeado (onde são tomadas em consideração as paragens planeadas) e os tempos de paragem. Nas paragens planeadas são contabilizados todos os períodos de interrupção previamente planeados. Para determinar os outros tempos de paragem devemos incluir todos os tempos de avaria e reparação, de *setup* e qualquer outro tempo que afete a disponibilidade. Calcula-se através da seguinte fórmula:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Produtivo Disponível} - \text{Tempo de Paragens}}{\text{Tempo Produtivo Disponível}}$$

O índice de qualidade traduz a capacidade de um equipamento em produzir peças segundo os parâmetros estabelecidos. Neste índice são então consideradas as perdas de qualidade, ou seja, peças produzidas que não cumpram os padrões de qualidade, incluindo as peças que necessitem de retrabalho. Pode ser obtido recorrendo à equação a seguir apresentada:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade Produzida} - \text{Peças Retrabalhadas} - \text{Peças Defeituosas}}{\text{Quantidade Produzida}}$$

Um dos grandes objetivos dos programas TPM e OEE é reduzir e/ou eliminar o que é mais comumente apelidado de *Seis Grandes Perdas* identificadas por Nakajima (1989), ou seja as causas mais comuns de perda da eficiência na produção. De seguida serão apresentadas na Tabela 1 estas perdas organizadas por categoria bem como alguns exemplos para melhor serem compreendidas.

Tabela 1 - Seis Grandes Perdas por Nakajima, 1989

| Categoria                           | Índice afetado  | Exemplos                                                                                                                                                          | Descrição                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Falhas dos equipamentos             | Disponibilidade | <ul style="list-style-type: none"> <li>Falha do equipamento</li> <li>Manutenção não programada</li> <li>Falha ou falhas de ferramentas</li> </ul>                 | Paralisações no funcionamento que ocorrem inesperadamente, ou por deterioração das funções que ocorrem lentamente fazendo com que a função do equipamento fique reduzida. |
| Setups e ajustes                    | Disponibilidade | <ul style="list-style-type: none"> <li>Setup</li> <li>Falta de material</li> <li>Falta de Mão-de-Obra</li> <li>Ajustes</li> <li>Período de aquecimento</li> </ul> | Perda pelo tempo de paralisação necessária para uma operação de setup, onde os equipamentos são preparados para operações seguintes.                                      |
| Pequenas paragens                   | Desempenho      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Linha obstruída</li> <li>Sensor bloqueado</li> <li>Limpeza</li> <li>Alimentação inadequada</li> </ul>                      | Inatividade do equipamento decorrente de problemas temporários. Normalmente são paragens abaixo dos 10 minutos e que não requerem pessoal da manutenção.                  |
| Velocidade                          | Desempenho      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Desgaste de equipamento</li> <li>Ineficiência do operador</li> <li>Velocidade inconstante</li> </ul>                       | Tudo o que causa na máquina uma diferença entre a sua velocidade nominal e a sua velocidade real.                                                                         |
| Número de defeitos                  | Qualidade       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sucata</li> <li>Defeitos retrabalhados</li> <li>Montagem incorreta</li> </ul>                                              | Embora produtos defeituosos sejam normalmente descartados, existem aqueles que podem ser retrabalhados, consumindo tempo adicional de mão-de-obra e da máquina.           |
| Manutenção ou inspeções programadas | Qualidade       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manutenção</li> <li>Inspeção</li> </ul>                                                                                    | Paralisações para manutenção e/ou inspeção programadas.                                                                                                                   |

#### 2.4.4.2 Failure Mode effects analysis (FMEA) e Criticality Analysis(FMECA)

Segundo Palady(2007) *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) é considerada uma técnica de análise qualitativa destinada a elaboração de diagnósticos de diversas problemáticas que envolve o estudo dos modos de falha que possam existir para os diferentes itens em análise, permitindo assim, mapear a atividade, identificar particularidades e atuar na causa raiz. Ou seja, é uma técnica analítica utilizada por uma equipa como uma maneira de garantir que os modos potenciais de falha e suas causas associadas tenham sido considerados e localizados. Rigorosamente é um resumo do conhecimento que essa mesma equipa tem de como o produto ou processo é desenvolvido.

O modo de falha, ou seja a forma na qual o defeito se apresenta é inerente a cada item, visto que cada item tem as suas próprias características particulares como materiais, fabrico e

função. Em qualquer abordagem é sempre importante que se tenha muito bem definida a função do componente, pois irá ser a referência para verificar se o item se encontra em falha ou não.

Além do modo de falha propriamente dito, outro aspeto importante a ser abordado na análise FMEA é a causa geradora deste modo de falha. Embora, como já foi dito anteriormente, estes modos de falha sejam inerentes ao próprio componente, o estudo das causas permite aprofundar a relação do componente com a sua função e gerar procedimentos concretos no sentido de tomar as providências necessárias aquando as primeiras manifestações, antecipando-se assim à perda da função devido a ocorrência do modo de falha. Assim, segundo Palady (2007), obtém-se um maior conhecimento a nível das possíveis falhas facilitando a escolha do tipo de manutenção (corretiva, preventiva ou preditiva) garantindo maior disponibilidade do equipamento.

A sigla FMECA tem origem da expressão inglesa *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* e segundo Palady (2007) distingue-se de FMEA pelo índice de criticidade, que segundo o autor se apresenta como o produto de dois novos índices, ocorrência e severidade. O índice ocorrência é utilizado para fazer a avaliação das probabilidades dessa falha ocorrer, enquanto o índice severidade avalia o impacto dessa mesma falha, ou seja, a gravidade dos seus efeitos. Assim a fórmula para a FMECA é dada por:

$$\text{FMECA} = \text{FMEA} + \text{C em que:}$$

$$\text{Criticidade} = (\text{Ocorrência}) \times (\text{Severidade})$$

No FMECA também é calculado o Número de Prioridade de Risco (NPR) que é obtido a partir da multiplicação direta dos valores dos índices referidos anteriormente, severidade e ocorrência, diferenciando apenas na parcela de deteção, que é um valor que mostra a eficiência dos mecanismos de controlo de deteção de falha, ou seja, quanto maior for o valor maior será a dificuldade em detetar a falha. Este valor é dado pela fórmula:

$$\text{NPR} = \text{Ocorrência} \times \text{Severidade} \times \text{Deteção}$$

A Tabela 2 apresenta uma sugestão para a determinação deste importante índice.

Tabela 2 - Cálculo do índice NPR (adaptado de Pinto (2001))

| Componente do NPR             | Classificação       | Peso        |
|-------------------------------|---------------------|-------------|
| FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA<br>O | Improvável          | 1           |
|                               | Muito pequena       | 2 a 3       |
|                               | Pequena             | 4 a 6       |
|                               | Média               | 7 a 8       |
|                               | Alta                | 9 a 10      |
| SEVERIDADE DA FALHAS<br>S     | Apenas perceptível  | 1           |
|                               | Pouca importância   | 2 a 3       |
|                               | Moderadamente grave | 4 a 6       |
|                               | Grave               | 7 a 8       |
|                               | Extremamente grave  | 9 a 10      |
| DETEÇÃO<br>D                  | Alta                | 1           |
|                               | Moderada            | 2 a 5       |
|                               | Pequena             | 6 a 8       |
|                               | Muito pequena       | 9           |
|                               | Improvável          | 10          |
| ÍNDICE DE RISCO NPR           | Baixo               | 1 a 50      |
|                               | Médio               | 50 a 100    |
|                               | Alto                | 100 a 200   |
|                               | Muito alto          | 200 a 1.000 |

Pelo facto dos custos associados à prevenção e avaliações FMEA serem consideráveis, Fogliatto & Ribeiro (2009) recomendam que a análise seja efetuada para valores de NPR superiores a 100.

Estas técnicas têm vindo a ser adaptadas ao longo do tempo e utilizadas para finalidades variadas. Elas podem contribuir para a melhoria do design de produtos e processos resultando em maior durabilidade, melhor qualidade, maior segurança, satisfação e também custos reduzidos. Também podem ser usadas para estabelecer e otimizar planos de manutenção para sistemas reparáveis e/ou contribuir para os planos de controlo e outros processos de garantia da qualidade.

Adicionalmente, fornecem um conhecimento base do modo de falha e informações de ação corretiva que pode ser usado como um recurso importante em futuros esforços para solucionar problemas e como ferramenta de treino para novos engenheiros. Além disso, um FMEA ou FMECA é muitas vezes um requisito necessário para cumprir normas de segurança e qualidade como ISO 9001, QS 9000, Six Sigma, Processo de Lei e Gestão de Segurança (PSM), entre outras (Reliasoft Corporation, 2004).

#### 2.4.5 *Single Minute Exchange of Dies (SMED)*

A técnica *Single Minute Exchange of Dies (SMED)* é um sistema para reduzir drasticamente o tempo que demora a completar uma mudança de molde. A essência do sistema SMED é converter o máximo de passos da mudança/*setup* possíveis para “externos”, ou seja, ao

mesmo tempo que o resto do equipamento está em funcionamento, e simplificar todos os passos restantes.

O nome *Single Minute Exchange of Dies* vem do seu principal objetivo, reduzir tempos de mudança para apenas um dígito (i.e. menos de 10 minutos). Um programa de SMED bem-sucedido trará os seguintes benefícios:

1. Custos de produção mais baixos (mudanças mais rápidas significam menos tempo de paragem de máquinas)
2. Tamanho de lotes mais pequeno (mudanças mais rápidas permitem mudanças de produto mais frequentes)
3. Melhor resposta à procura do cliente (lotes mais pequenos permitem maior flexibilidade de horário)
4. Níveis de inventário mais baixos (lotes mais pequenos resultam em níveis de inventário baixos)
5. Arranques mais fáceis e suaves (processos de mudança padronizados melhoram a consistência e a qualidade)

A ferramenta SMED é especializada em reduzir tempos de setup e para a correta aplicação deste método, segundo Coimbra (2009) são distinguidos quatro estágios fundamentais:

- Estágio preliminar (setup interno e externo ainda não são distinguidos): O estágio preliminar oferece apenas os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no setup. Para obter os tempos das atividades, Shingo (1985) indica a possibilidade da utilização do cronómetro, do estudo dos métodos, de entrevista com os operadores ou da análise de filmagens das operações. Porém o autor indica que "...observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes" (Shingo, 1985).
- Estágio 1 (separar setup interno e externo): Esta fase corresponde à organização das atividades classificando-as e separando-as como setup interno, aquelas realizadas com a máquina parada e como setup externo aquelas realizadas com a máquina em funcionamento. A respeito disso, Shingo comentava: "... se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de setup como setup externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre setup interno e externo é o passaporte para atingir o SMED." (Shingo, 1985).

- Estágio 2 (converter setup interno em externo): A redução de tempo do setup interno promovida pelo estágio 1 ainda não é suficiente para atingir a meta de tempo proposta pelo SMED. Ainda é necessário uma reavaliação das operações para verificar se alguma operação tenha sido erroneamente alocada e para fazer um esforço para converter estas atividades em setup externo.
- Estágio 3 (melhoria sistemática de cada operação básica do setup interno e externo): O nome escolhido por Shingo para intitular este estágio não é fácil de traduzir, originalmente em inglês “*streamlining all aspects of the setup operation*” e a tradução para o português no seu livro ficou como “racionalizando todos os aspetos do setup” (Shingo, 1985).

Dentro do contexto da metodologia, a palavra racionalização pode não ser a mais adequada, pois pode induzir a considerar esta fase como fixação de métodos ou procedimentos. Ao considerar a filosofia SMED em um outro livro, Shingo (1985) oferece outra definição ao seu terceiro estágio conceitual: “Melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo.”. Esta abordagem apresenta uma compreensão melhor do alcance do estágio e permite visualizar o SMED como melhoria contínua. Na Figura 6 encontram-se representados todos os estágios.

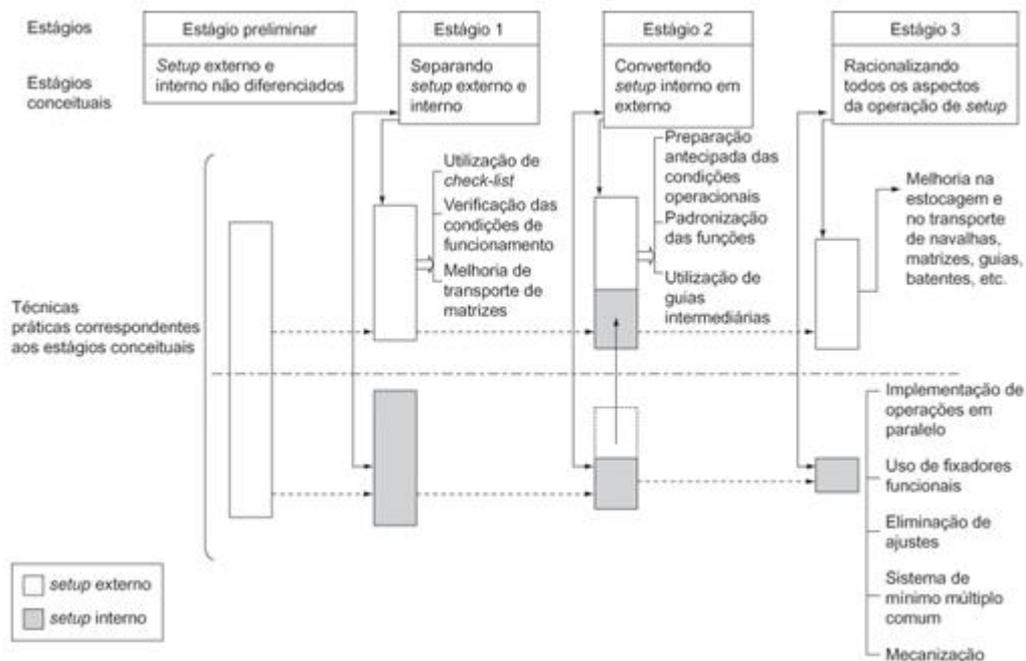


Figura 6 - Estágios SMED (adotado de Shingo, 1985)

A busca do single-minute (dígito único) pode não ser alcançada nos estágios anteriores, sendo necessária a melhoria contínua de cada elemento, tanto do *setup* interno como externo. Shingo (1985) estabelece, portanto, técnicas para redução do tempo total dos *setups* externos como internos, que se apresentam na Tabela 3.

Tabela 3 - Técnicas associadas à ferramenta SMED (Shingo, 1985)

| Estágio conceptual | Técnicas associadas                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estágio 1          | Utilização de <i>Check-lists</i> ; verificação das condições de funcionamento; melhoria do transporte de matrizes.                                                                                                                   |
| Estágio 2          | Preparação antecipada das condições operacionais; padronização de funções; utilização de guias intermediárias.                                                                                                                       |
| Estágio 3          | Melhoria no armazenamento de <i>stock</i> e no transporte de matrizes, guias, batentes, etc; implantação de operações em paralelo; uso de fixadores funcionais; eliminação de ajustes; Sistema de mínimo múltiplo comum; mecanização |

### **3. APRESENTAÇÃO E CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA**

Este capítulo visa a apresentação da empresa Leonische Portugal LDA., na qual foi realizado o projeto de dissertação, e o grupo LEONI onde está incluída. Assim pretende-se identificar e localizar a empresa, apresentar o seu historial e estrutura organizacional. Seguidamente é apresentado o grupo LEONI, a sua história, distribuição geográfica, missão, visão e valores dentro da organização. Os principais produtos, mercados, clientes também são apresentados nesta fase.

#### **3.1 Identificação e localização**

A LEONI Portugal (LP), apresentada financeiramente como Leonische, é uma fábrica de produção de cablagens, situada em São Cláudio do Barco, na cidade de Guimarães. Esta fábrica ilustrada na Figura 7 está inserida num grupo empresarial multinacional, incluído na indústria de cablagens e seus derivados.



**Figura 7 - Leoni Portugal**

A fábrica em causa produz diversos tipos de cablagens principalmente para máquinas agrícolas e retroscavadoras. Assim e de acordo com a convenção da Classificação das Atividades Económicas (CAE), é classificada como: Subsecção C – Indústrias transformadoras; Divisão 29 – Fabricação de veículos automóveis, reboques, semirreboques e componentes para veículos automóveis; Grupo 293 – Fabricação de componentes e acessórios

para veículos automóveis e Subclasse 2931- Fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis.

A empresa conta com uma força laboral de aproximadamente 600 trabalhadores, que contribuem para um volume de negócios de 20 milhões de euros de faturação anual. Os principais clientes da LEONI são a JCB, Caterpillar e AGCO.

### 3.2 Empresa em Portugal

A Leoni estabeleceu-se em Portugal em 1991 e está instalada numa área com 8500 m<sup>2</sup>, sendo a área coberta de 5600 m<sup>2</sup> incluindo a produção, com 3600 m<sup>2</sup>. Com 24 anos de atividade a LP apresenta-se no mercado como uma das poucas empresas em Portugal com cinco certificações (ISO 9001, QS 9000, ISO TS 16949, ISO 14001 e requisitos VDA 6.1) sendo considerada como um fornecedor “Classe A” pelos seus clientes.

Com os anos a Leoni Portugal (LP) cresceu com um “*know-how*” muito elevado oferecendo uma grande fiabilidade ao nível das suas cablagens, permitindo manter uma vantagem competitiva relativamente aos países de Leste e com isso evitar a deslocalização.

#### 3.2.1 Recursos Humanos

A Leoni é uma empresa que valoriza muito os seus recursos humanos como pode ser constatado pela participação em iniciativas como a “*Diversity Charter*”, “*Code of Ethics*” entre outras do género. A Leoni Portugal mantém os desígnios da empresa-mãe e acrescenta a todas essas iniciativas referidas anteriormente uma vontade de unir todos os seus colaboradores em torno de um só objetivo.

Para garantir esse desejo a empresa incentiva os seus colaboradores a participar em práticas desportivas coletivas, inscrevendo equipas em torneios com outras organizações proporcionando dias bem passados com aqueles com quem se trabalha diariamente. Além disso, realiza diversos jantares e convívios com bastante regularidade na tentativa de estreitar os laços entre todos os envolvidos.

Com o objetivo de dar voz aos seus colaboradores e de conhecer as suas opiniões e sugestões, frequentemente a LP tenta aferir a satisfação dos envolvidos, através de questionários, analisando vários pontos que considera importantes, tais como; se acha que o seu trabalho é valorizado e contribui com qualidade para o produto final; se está agradado com os serviços prestados (cantina, médico, entre outros); se conhece as regras de higiene, saúde e segurança

da empresa e também se concorda relativamente ao caminho escolhido pela empresa e se tem uma boa relação com a chefia e com o grupo de trabalho.

A nível de recrutamento a LP tem duas alternativas para recrutar colaboradores sendo a primeiro o recurso ao Centro de Emprego enviando informações sobre a vaga disponível e recebendo em troca currículos de potenciais colaboradores para análise e entrevista aos candidatos. Além dessa alternativa também é comum o recrutamento por via direta, ou seja, entrega direta de currículos nos Recursos Humanos da empresa que serão posteriormente analisados quando surgir alguma vaga disponível ou havendo a necessidade de reforçar algum segmento ou linha específica.

Os Recursos Humanos e a sua diretora, Manuela Albuquerque, também se responsabilizam pela fase de integração e aprendizagem dos colaboradores recentemente contratados, garantindo formações e *workshops* para uma melhor prática nas atividades laborais onde vai estar integrado.

### 3.2.2 Estrutura Organizacional

A empresa Leoni Portugal labora com colaboradores portugueses à exceção do seu administrador que é de origem alemã, apontado pela empresa-mãe e responsável pela comunicação entre todas as partes interessadas do grupo. O organigrama a seguir apresentado pretende demonstrar todas as áreas e os seus responsáveis máximos dentro da Leoni Portugal, Figura 8.

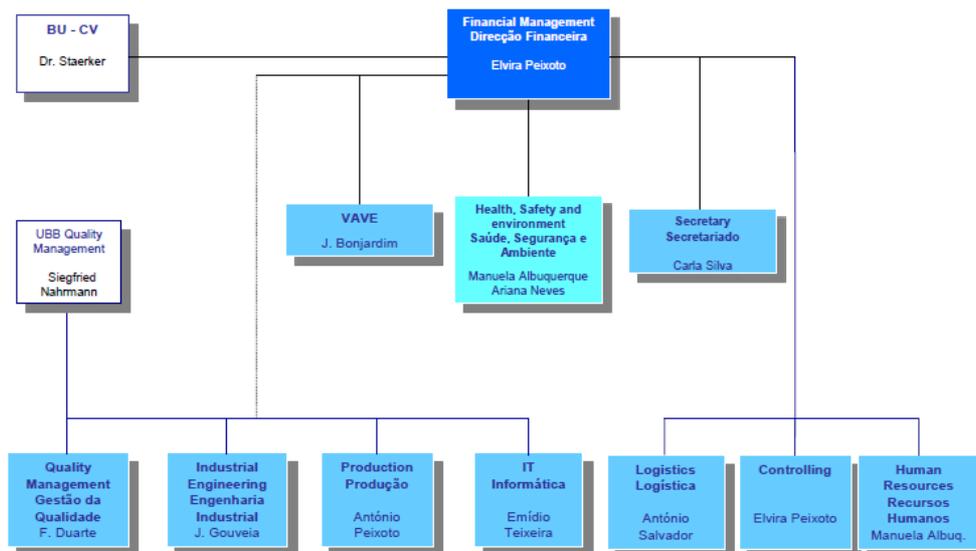


Figura 8 - Estrutura Organizacional da Leoni Portugal

### **3.3 Grupo Leonische**

É em Abril de 1917 com a fundição de 3 empresas sediadas na Alemanha Johann Balthasar Stieber & Sohn, Johann Philipp Stieber e Vereinigte Leonische Fabriken que formam a Leonische Werke Roth-Nurnberg AG, com fábricas e sede em Roth e Nuremberga respetivamente.

Passados 10 anos começam a produzir fios esmaltados cuja qualidade é reconhecida em toda a Alemanha, em 1931 a empresa muda de nome para Leonische Drahtwerke AG e é nessa altura que começam a produzir fios de borracha embainhada e fios de PVC alguns anos mais tarde.

Após a Segunda Guerra Mundial a empresa começou a produzir cabos de energia e em 1967 inicia a produção de cablagens semelhantes às que conhecemos nos dias de hoje aquando da construção da fábrica em Kitzingen e posteriormente em Bad Kotzting na província da Baviera.

A partir de 1977 a empresa inicia a sua expansão para fora da Alemanha, tendo começado por abrir uma nova fábrica de produção de cablagens na Tunísia (Cablerie de Sousse), Irlanda (LEONI Ireland) e mais tarde uma subsidiária em Chicopee nos EUA, bem como dois escritórios de vendas em França e no Reino Unido. Ao mesmo tempo anexou uma antiga fábrica da Grundig em Donau e construiu uma nova fábrica em Berlim (Lewron Kabeltechnik Berlin GmbH & Co. KG).

Em 1991 inicia a produção em Portugal com a construção da fábrica de cablagens em Guimarães e continuou a expandir-se para vários mercados distintos como Cuauhtemoc, Mexico; Changzou, China; Singapura ou Ostrzeszow, Polónia.

Em 1999 a Leonische Drahtwerke AG muda de nome para apenas LEONI AG e dão-se algumas mudanças na estrutura organizacional da empresa, na medida em que três subsidiárias passaram a controlar toda a estratégia de negócio (LEONI Draht GmbH & Co. KG, LEONI Kabel GmbH & Co. KG, LEONI Bordnetz-Systeme GmbH & Co. KG).

Em 2006, com novas parcerias e investimentos noutras áreas tecnológicas o CEO da empresa é nomeado “estratega do ano” pelo Financial Times Deutschland baseada na análise de dados da empresa, tais como o valor acrescentado e a criação de emprego. Nesse ano foi também galardoada pela terceira vez consecutiva como uma das melhores empresas para trabalhar na

Alemanha proporcionando ótimas condições para os funcionários e oportunidade de desenvolvimento de carreira bem como o prêmio “Fornecedor do Ano” pela General Motors.

Em 2008 com a aquisição da fornecedora de componentes automóveis francesa Valeo transforma-se no líder de mercado europeu e na quarta maior fornecedora de cablagens para indústria automóvel mundial.

Recentemente, e sobretudo devido às excelentes previsões no mercado asiático, a LEONI tem-se consolidado na Índia, Dubai e Coreia do Sul garantindo importantes encomendas da construtora SSangYong bem como de construtoras indianas cujo mercado automóvel está em rápida ascensão.

### 3.3.1 Distribuição Geográfica

A LEONI é uma fornecedora global de fios, fibras óticas, cabos e cablagens reconhecida mundialmente que atualmente opera em 31 países diferentes gerando vendas superiores a 3 bilhões de euros desde 2011. A Figura 9 mostrar as localizações de unidades produtivas, escritórios e armazéns da organização em todo o mundo para que se consiga visualizar o crescimento exponencial, iniciado em 1977, quando apenas operava em solo alemão.



Figura 9 - Estruturas empresariais da Leoni

A imagem seguinte, Figura 10, é um close-up do mapa mostrado anteriormente que permite verificar que apesar dos últimos 30 anos de diáspora a maior densidade de estruturas da Leoni continua a estar no continente europeu, e como seria de esperar a Alemanha contribui com uma grande fatia para essa evidência.

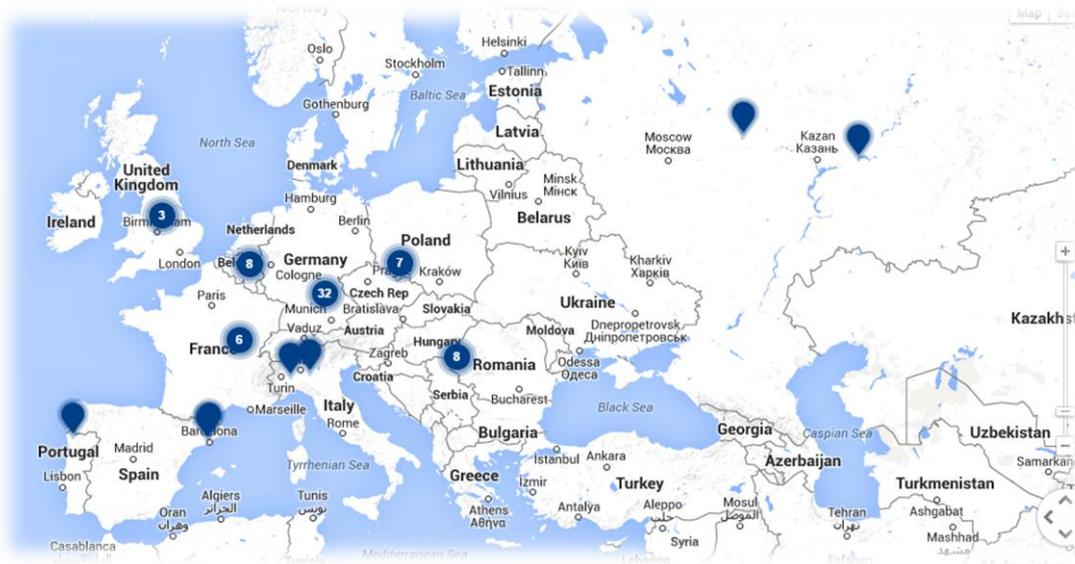


Figura 10 - Diáspora europeia da Leoni

### 3.3.2 Estrutura Organizacional

A Leoni é uma organização que emprega 67000 colaboradores no entanto as suas unidades produtivas operam de forma independente, sendo apenas mantidas relações a níveis hierárquicos superiores, cuja estrutura organizacional do grupo pode ver-se na Figura 11.

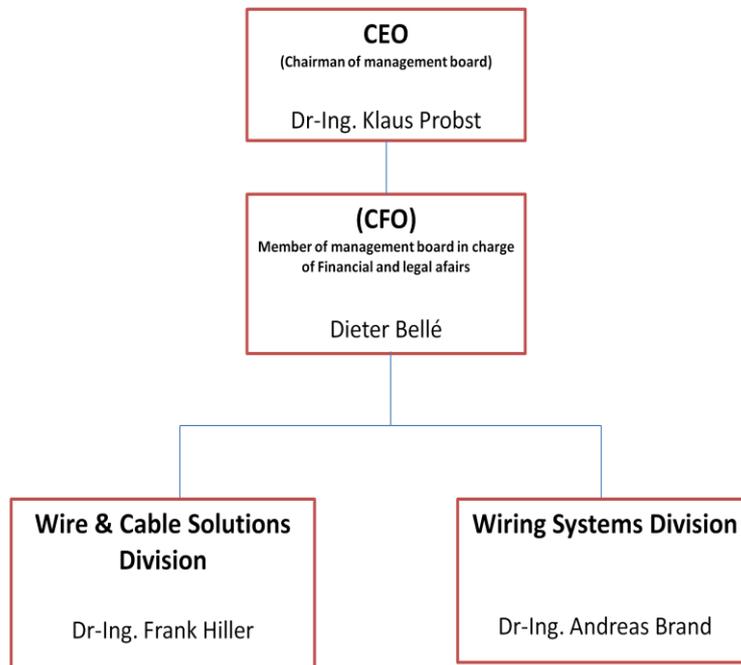


Figura 11 - Estrutura organizacional do grupo Leoni

### **3.4 Política Social, Missão e Valores**

Para a Leoni a sustentabilidade é parte integrante da política do grupo tornando-se a primeira empresa produtora de cablagens do mundo a desenvolver um conceito holístico para “tecnologia verde” para introduzir na estratégia de produtos e serviços. O conceito cobre todos os produtos desenvolvidos, soluções e serviços que utilizem energia de modo mais eficiente e menos agressivo para os recursos naturais, assegurando uma redução de emissões e poluição ambiental.

A nível do produto o grande objetivo passa por aumentar a proporção de baixas emissões e de matérias-primas compatíveis nas cablagens produzidas bem como aumentar a capacidade de reciclar os materiais e componentes processados.

Relativamente ao processo o grupo tem trabalhado continuamente na otimização da eficiência dos recursos nos processos produtivos através da implementação de medidas de recuperação de calor bem como instalação de maquinaria mais eficiente energeticamente. O facto de cada vez mais unidades produtivas da rede do grupo serem ambientalmente certificadas pela norma ISO 14001 é uma das provas desta política de investimento.

Simultaneamente, o grupo, tem aumentado a oferta de produtos e soluções usadas em tecnologias de ponta consideradas “verdes”, como por exemplo, energia solar e bioengenharia.

A Leoni participa também numa iniciativa, desde 2008, denominada “Carbon Disclosure Project” que envolve 350 das maiores empresas alemãs e que analisa e estuda o seu volume de emissões e recolhe dados acerca da sua pegada ecológica. A Leoni tem usado esses resultados para melhorar continuamente os seus indicadores, sendo as emissões de CO<sub>2</sub> um dos níveis controlados regularmente.

Também faz parte da filosofia da empresa estabelecer uma cultura organizativa livre de preconceitos baseada na inclusão e no respeito mútuo. Para demonstrar essa intenção foi assinado em 2007 o “Diversity Charter” que contém alguns padrões que contribuem para a criação de um clima de aceitação e confiança mútua dentro da organização aumentando o respeito pela diversidade.

### 3.5 Produtos e Mercados

A Leoni apresenta duas grandes divisões na sua estrutura organizacional: Wiring Systems e Wire & Cable Solutions, cada uma responsável por explorar os mercados onde atuam, sempre com o objetivo de se tornar líder no que toca à inovação. A Figura 12 apresenta as 5 gamas de produtos exploradas pelo grupo.



Figura 12 - Gama de produtos explorados pelo grupo Leoni

#### 3.5.1 Mercado Automóvel

A Leoni ficou mundialmente famosa através das suas cablagens para veículos ligeiros e comerciais devido a fiabilidade e qualidade garantida, da própria arquitetura da cablagem, das secções cruzadas de grande qualidade e ainda por conseguirem ser cerca de 20% mais leves do que as cablagens tradicionais.

Ainda no que diz respeito ao mercado automóvel a Leoni proporciona soluções de alta voltagem como sistemas de baterias, distribuidores de energia ou caixas de fusíveis para veículos elétricos e híbridos. Assim, e sendo uma líder de mercado neste segmento possui um desenvolvimento global e uma rede distributiva que garante o trabalho de perto e eficaz com todos os clientes, fornecedores e parceiros.

#### 3.5.2 Aplicações Médicas

A Leoni tem investido nos últimos 30 anos em desenvolvimentos na indústria médica com cabos inovadores e sistemas tecnológicos que podem ser usados em diagnóstico, terapêutica e monitorização de pacientes. A gama de produtos e serviços que a Leoni oferece neste segmento de mercado estão desenhados para se complementarem entre eles de modo a apoiar os líderes mundiais de produção de aplicações médicas durante todo o processo de desenvolvimento do produto. Neste segmento destacam-se vários produtos usados no dia-a-dia dos estabelecimentos de saúde como por exemplo cabos de ultrassom, cabos de endoscopia, cabos anti microbiais, e sondas a laser completamente esterilizadas.

### 3.5.3 Infraestruturas e Comunicação

A Leoni tem apoiado fontes de energia do futuro através de cabos inovadores, sistemas e serviços para projetos de energia eólica e solar. A transmissão de dados também é uma preocupação da empresa, e à medida que os fluxos de dados vão aumentando eles requerem sistemas de cabos que consigam providenciar o máximo de poder de transmissão, por isso a empresa oferece uma gama de cabos de alta performance que facilitam a transferência de dados em diferentes tipos de rede, bem como, para micro-ondas e centros tecnológicos de dados. A nível de infraestruturas a empresa garante nos seus sistemas de cabos uma base forte a nível de segurança e instalação para lidar com as grandes exigências que a comunicação moderna coloca nas infraestruturas.

### 3.5.4 Aplicações Elétricas

À medida que eficiência energética tem revitalizado o mercado das aplicações elétricas e iluminação, a Leoni é uma das empresas que tem inovado neste segmento apresentando soluções que incluem refrigeradores, máquinas de lavar e ecrãs, bem como, aplicações automatizadas para portas, portões e janelas. Além disso para infraestruturas e instalações onde haja uma grande concentração de pessoas também oferece soluções de retardador de chamas, e cabos com baixa emissão de gases tendo em conta preocupações ambientais e segurança em caso de fogo.

### 3.5.5 Fios e Condutores

A empresa oferece uma vasta gama de produtos desde fios e cordões de arame altamente flexíveis quer estanhados, de níquel, prata ou banhado a ligas de cobre, bem como, conectores e fios para módulos fotovoltaicos que asseguram máxima funcionalidade e longevidade mesmo sob as mais difíceis condições externas.

## **3.6 Principais clientes**

Após estudo da análise ABC efetuada no final do ano e disponível em anexo XXX foi possível identificar a JCB, a AGCO e a Caterpillar como os principais clientes da LP. Descreve-se sucintamente as atividades destas empresas e um pouco do seu historial e cooperação com a LP.

A JCB é uma empresa fundada por Joseph Cyril Bamford em Outubro de 1945 em Staffordshire, Inglaterra e opera com a LP desde 2000. Atualmente tem sede em Rochester mas já conta com 18 fábricas espalhadas pelo Reino Unido, Alemanha, América do Norte e do Sul, Índia e China e emprega cerca de 7000 colaboradores diretos. A LP trabalha diretamente com duas divisões desta empresa, a JCB Heavy Products e JCB Earthmovers que produzem essencialmente variantes de retroescavadoras, incluindo com lagartas ou rodas giratórias, versões pequenas ou maiores dependendo do tipo de itens que são necessários mover ou transportar. Estas divisões também produzem camiões articulados e diferentes tipos de tratores para vários sectores produtivos, sobretudo primário e secundário como é apresentado na Figura 13.



Figura 13 - Produtos JCB

A Caterpillar Inc. tem as suas origens em Abril de 1925 aquando da fusão da Holt Manufacturing Company e a C.L Best Tractor Company, criando uma nova entidade, com base na Califórnia, a Caterpillar Tractor Company. Actualmente é a maior produtora do mundo de maquinaria para construção e minério, produzindo também turbinas industriais de gás. Além do aumento de vendas dos seus principais produtos, o desenvolvimento da CAT também se deveu a aquisições bem pensadas que elevaram a empresa para outro nível, tais como: Perkins Limited, Kato Engineering, Bitelli SpA, Shandong Engineering Machinery (SEM), MWM Holding GmbH, entre outras. Esta empresa já trabalha com a LP desde 1998 sobretudo com as divisões CWL- *Compact Wheel Loaders* e MWL- *Medium Wheel Loaders* evidenciadas na Figura 14.



Figura 14 - Produtos Caterpillar

Com raízes profundamente estabelecidas no sector primário, a AGCO é uma empresa que surge em 1990 e desde aí que se tornou numa das maiores produtoras mundiais de máquinas agrícolas através de aquisições estratégicas e soluções tecnológicas de ponta para os seus produtos. Esta empresa opera com a LP desde 2001 e os seus produtos apresentados na Figura 15 são vendidos através de cinco marcas principais bastante conhecidas neste sector: Challenger, Massey Ferguson, Valtra, GSI e Fendt.



Figura 15 - Produtos AGCO

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo faz-se uma descrição geral do sistema produtivo da Leoni, desde a chegada dos materiais até à obtenção do produto final pronto para expedição. São ainda caracterizadas todas as áreas de implantação produtiva e de armazenagem bem como os problemas encontrados nestas áreas através de uma análise crítica. Esta análise inicia-se com uma análise SWOT à situação atual da empresa. No final do capítulo é também apresentada uma tabela síntese com os problemas identificados.

### 4.1 Análise SWOT

Nesta secção pretende-se demonstrar de forma sintetizada os pontos fortes e oportunidades de melhoria dentro da organização, ainda antes de identificar os problemas observados durante a investigação, através da ferramenta SWOT. O termo SWOT é uma sigla oriunda do inglês e é uma abreviatura de Pontos Fortes (Strengths), Pontos Fracos (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats). Esta ferramenta foi criada por dois professores americanos, Kenneth Andrews e Roland Christensen, e permite sintetizar todas as informações recolhidas com o objetivo de obter uma leitura do panorama atual da organização. Na Tabela 4 é apresentada a análise SWOT realizada na Leoni Portugal.

Tabela 4 - Análise SWOT

| Pontos Fortes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Pontos Fracos                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Trabalho e espírito de equipa</li><li>• Estabilidade Financeira</li><li>• Bom relacionamento com a casa mãe</li><li>• Boa relação Cliente/Fornecedor</li><li>• Inovação no desenvolvimento do produto</li><li>• Know-how</li><li>• Flexibilidade</li><li>• Interoperabilidade dos sistemas de informação</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Utilização excessiva de papel na produção</li><li>• Fluxo de informação</li><li>• Restrições do uso de software (apenas permitidos pela LEONI AG)</li><li>• Expansão física muito condicionada</li></ul> |
| Oportunidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ameaças                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Procura de novos clientes</li><li>• Formação de funcionários polivalentes</li><li>• Reforçar as relações Cliente/Fornecedor</li><li>• Protocolos de estágio com Universidades</li></ul>                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Mão-de-obra substancialmente mais barata noutras áreas do globo como Marrocos, China, Países de Leste, etc., podendo levar à deslocalização da fábrica</li><li>• Políticas governamentais</li></ul>      |

Todos os pontos resultantes da análise SWOT e descritos na Tabela 4 são comentados de seguida.

#### 4.1.1 Pontos fortes

Certamente um dos pontos fortes que se deve salientar é a entreaajuda e espírito de equipa que se encontra nas várias equipas da LEONI. Este trabalho de equipa facilita a integração de novos operários e proporciona, além disso, flexibilização de turnos e rotatividade de funções.

A Leoni tem abraçado novos projetos para o desenvolvimento e inovação da fábrica, e este investimento é visto, positivamente, como uma oportunidade para conseguir crescer e melhorar, tanto ao nível de formação como na aquisição de equipamentos mais atualizados. Para além disso a área de negócios das máquinas escavadoras, tratores agrícolas, ceifeiras, etc., tem permitido alguma estabilidade apesar da difícil situação económica atual.

Desde o seu início, a LEONI, manteve boas relações interpessoais e empresariais com a casa mãe; o mesmo acontece na sua relação com clientes e fornecedores, oque resulta em compromissos favoráveis para todas as partes envolvidas, sendo o melhor exemplo disso, os variados prémios de melhor fornecedor que a empresa tem recebido ao longo destes anos.

Com o intuito de estar sempre na linha da frente entre as empresas do grupo, a LEONI investe muito na inovação e desenvolvimento do seu produto, quer ao nível de processos produtivos quer seja nos seus sistemas de informação. Nessa linha, existe, na gestão, uma enorme flexibilidade para colaborar em novas melhorias e soluções mais rentáveis que vão de encontro aos objetivos da empresa.

A empresa usa um ERP cujos módulos desenvolvidos de apoio à produção (LPMCS, LPWIP, LPGT, LPSA e LPGA) têm uma função imprescindível na supressão das lacunas existentes no FORs, cada um circunscrito às suas funções.

#### 4.1.2 Pontos fracos

A produção na empresa é gerida ainda com muita informação em papel o que causa alguma confusão no fluxo da informação, dificulta o tratamento, a consulta e o registo da informação e possibilita a descentralização da mesma.

À LEONI é imposto o uso de um ERP desenvolvido pela sede e instalado em todas as fábricas, este ERP (FORs) é bastante limitado ao nível de processos de produção, qualidade e relatórios. Além do FORs, não é permitida a utilização de qualquer *software* sem aprovação por parte da sede.

Por último, uma possível expansão da empresa está condicionada por outras empresas que a circunscrevem, sendo que um crescimento ainda dentro da sua área fabril a obrigaria a perder

alguns serviços que atualmente presta aos seus colaboradores, como o balneário, cantina ou o parque de estacionamento.

#### 4.1.3 Oportunidades

Aproveitar novas oportunidades de mercado acolhendo novos clientes que permitam o aumento do volume de vendas, sendo para isso necessário fazer cotações competitivas que sejam satisfatórias de acordo com as expectativas dos clientes.

Outra oportunidade surge na promoção de formações que atribuam competências de relacionamento interpessoal, comunicação e línguas estrangeiras, valorizando sempre uma boa comunicação e relacionamento com os clientes. Por fim, mas não menos importante a formação dos colaboradores, promovendo polivalência e rotatividade de funções que é sempre uma mais-valia tanto para a empresa como dos próprios colaboradores.

Atualmente várias empresas têm adotado uma estratégia de acolher estudantes em fim de curso para realizarem a sua dissertação integrados em ambiente empresarial. Esta estratégia, que não acarreta encargos financeiros, permite à empresa a possibilidade obter novas ideias e novas visões pelo facto do estudante não estar “viciado” pela rotina da empresa.

#### 4.1.4 Ameaças

O contexto económico recessivo que Portugal atravessa e as suas políticas governamentais, não favorecem as empresas que estão no País, e por isso a deslocalização é, sem dúvida, uma grande ameaça. Apesar disso, a mão-de-obra mais barata em outros países continua a ser a maior ameaça para a indústria de produção de cablagens.

## 4.2 Descrição do processo produtivo e implantação do sistema

O fluxo de material tem início aquando da receção da matéria-prima ao armazém de chegada sendo depois descarregado pelos operários de armazém através do empilhador. Após a receção, e consoante o tipo de material, sofre uma inspeção de qualidade pelos responsáveis sendo depois encaminhado para as diferentes zonas de armazenamento da empresa.

A matéria-prima que entra na empresa divide-se em três grandes grupos:

1. fio de cobre com várias secções e cores distintas que são encaminhados para um armazém específico- o armazém de fio;

2. tubo de variados diâmetros e composições poliméricas que se destinam ao armazém de tubo;
3. componentes auxiliares à montagem das cablagens, ou seja, fusíveis, vedantes, resistências, conectores, díodos entre outros que são armazenados no armazém “SAEC” que utiliza o sistema de duas caixas e cartões de levantamento para melhor gerir o abastecimento destes componentes.

Concluída esta fase de receção e armazenamento, seguem-se as fases seguintes de transformação: corte, pré-confeção, montagem, teste elétrico, embalamento e expedição. Entre estas fases existem alguns processos de picking e processos específicos como o *braiding*, e *foaming*.

Depois de terminada a primeira fase de transformação, ou seja, o corte de fio e tubo nas medidas e especificações pretendidas os artigos são colocados em caixas com código de barras junto às máquinas de corte para que as funcionárias do *picking* as recolham, organizem e transportem para o próximo processo, nomeadamente a pré-confeção, ou caso não seja necessário mais nenhum processamento, diretamente para as linhas.

Na etapa de pré-confeção, os fios podem ser cravados e unidos através de mangas aquecidas, ou seja, *shunts*, também podem ser torcidos formando um único fio, ou seja, *twisters*, ou ainda serem cravados manualmente quer por exigência dos terminais ou imposição dos próprios clientes. Seguidamente, e após esta etapa, todos os fios já devidamente processados, bem como tubos e componentes são entregues no segundo *picking* que se irá encarregar de fazer a divisão de todo o material por posto de trabalho, para que a abastecedora apenas tenha de transportar as caixas e entregar no posto da linha que lhe corresponde.

Como foi dito em cima, o material é transportado para as linhas através de funcionárias abastecedoras e é montado pelas operárias seguindo as instruções das tábuas de montagem que definem as linhas mestras do *layout* da cablagem, tal como representado na Figura 16.



Figura 16 - Tábua de montagem com as instruções imprimidas e forquilha de auxílio à produção

Após completar uma volta ao carrossel, linha de montagem, a cablagem encontra-se completa e pode passar diretamente para a fase de inspeção, teste elétrico, ou para a fase de *braiding* que consiste em entrançar fios de PVC em torno da cablagem para lhe conferir maior resistência mecânica e consistência.

A fase de teste elétrico acaba por ser a inspeção final dos cabos e onde a empresa consegue garantir qualidade nos seus produtos pois é onde são analisadas todas as potenciais anomalias dos cabos, terminal inserido no sítio errado, terminal mal inserido, falta de componentes, falta de estanquicidade, entre muitos outros.

Após esta importante fase os cabos finalizados já com a etiqueta de aprovação no teste elétrico poderão dirigir-se para a zona de embalagem ou então poderão sofrer ainda processo de *foaming* que se trata de preencher com uma espuma própria algumas zonas críticas da cablagem com o intuito de lhe proporcionar maior resistência a altas temperaturas e também maior resistência ao choque. Caso tenha sofrido processo de *foaming* as cablagens são novamente testadas eletricamente para garantir que nenhum terminal se desencaixou ou partiu durante o processo.

Após o embalagem da cablagem, o código de barras da palete onde se encontra é lido dando o fim ao processo produtivo da mesma.

A Figura 17 representa o fluxograma destas fases do processo produtivo.

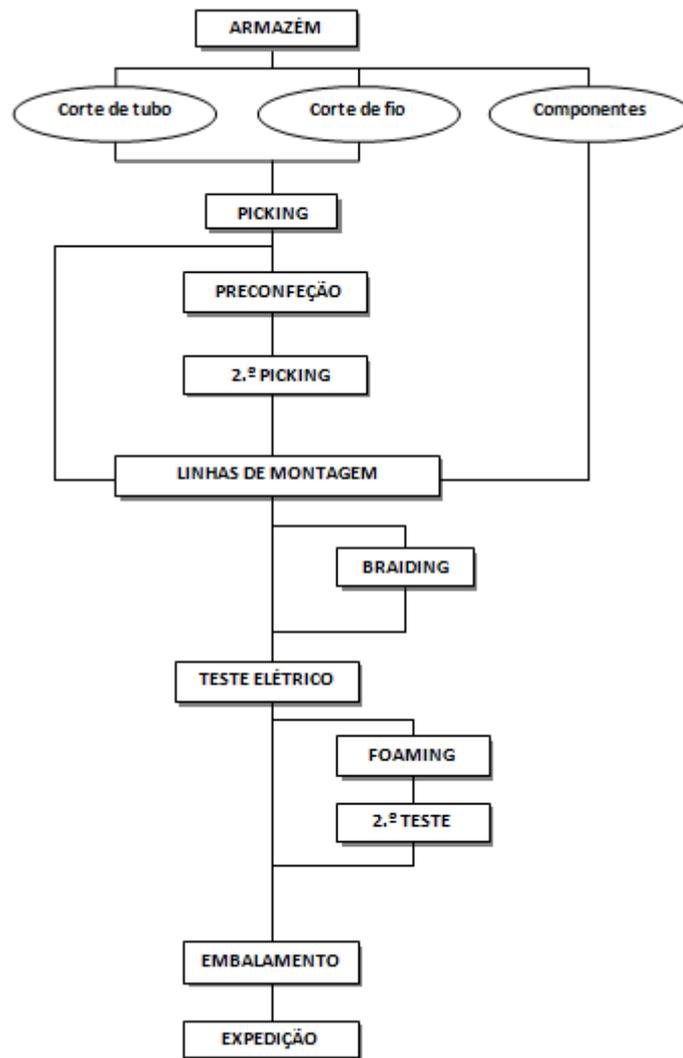


Figura 17 - Fluxo do processo produtivo

Estas fases são desenvolvidas em diferentes secções da empresa chamadas pela empresa de segmentos. A Figura 18 apresenta a implantação do sistema produtivo da empresa onde se representam estes segmentos em apenas seis áreas distintas: 1) Segmento 1; 2) Segmento de Montagem; 3) Teste elétrico; 4) Processos especiais; 5) Embalamento e 6) Protótipos e amostras.

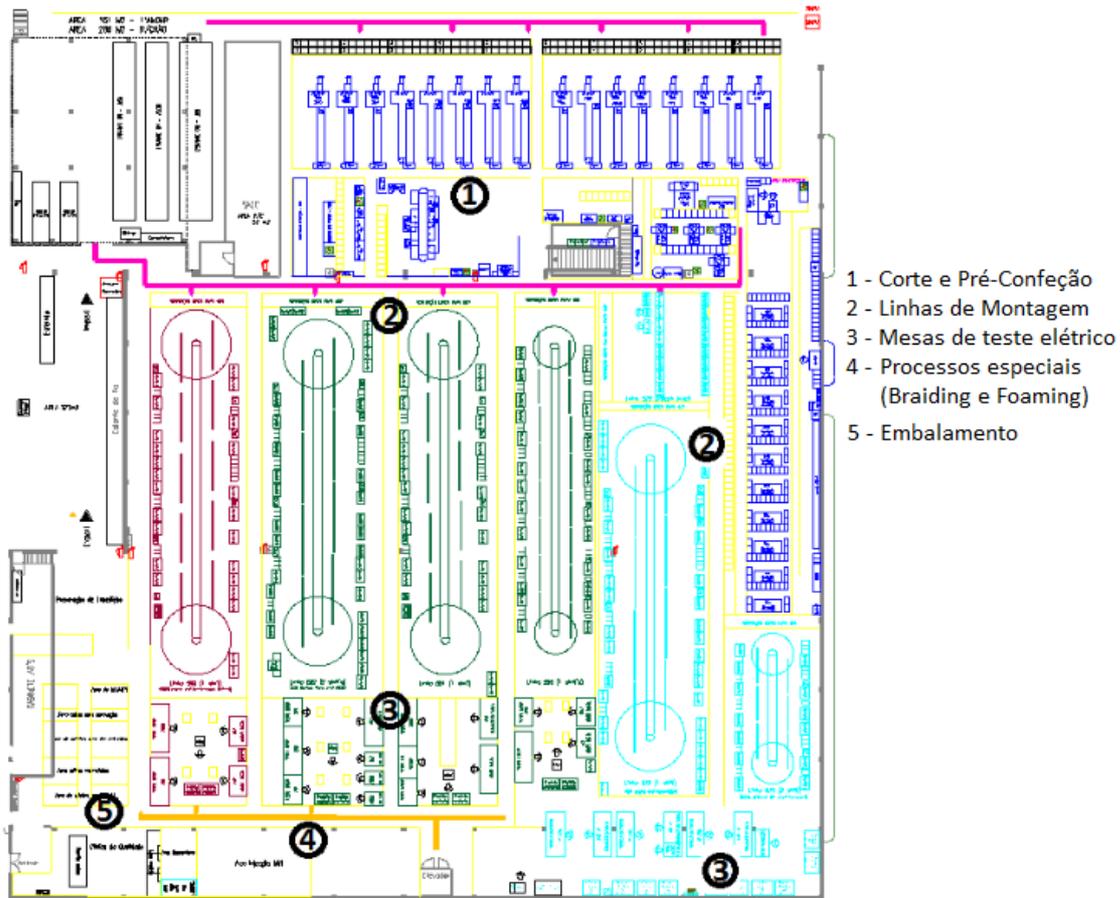


Figura 18 - Layout produtivo da Leoni ( legenda na figura)

O segmento 1, ou seja corte e pré-confeção, define-se como a área de transformação de matéria-prima em componentes utilizáveis para as linhas de montagem. Com o número 2 está assinalada a área de montagem visto que todos os segmentos que a compõem são linhas de montagem em que apenas difere o tipo de produto ou divisão de cliente que fornecem. A área assinalada com o número 3 é o teste elétrico, considerada de grande importância pois garante a não existência de inconformidades após a conclusão da montagem. O número 4, área de processos especiais, nomeadamente, ‘braiding’ e ‘foaming’, que não afeta todas as cablagens. E assinalada com o número 5 está a zona de expedição dos produtos acabados.

Para além destes segmentos existe ainda o segmento dos Protótipos (6), ou de pré-produção que está implantada na cave, ou seja, por baixo da zona de produção propriamente dita como podemos ver na Figura 19.

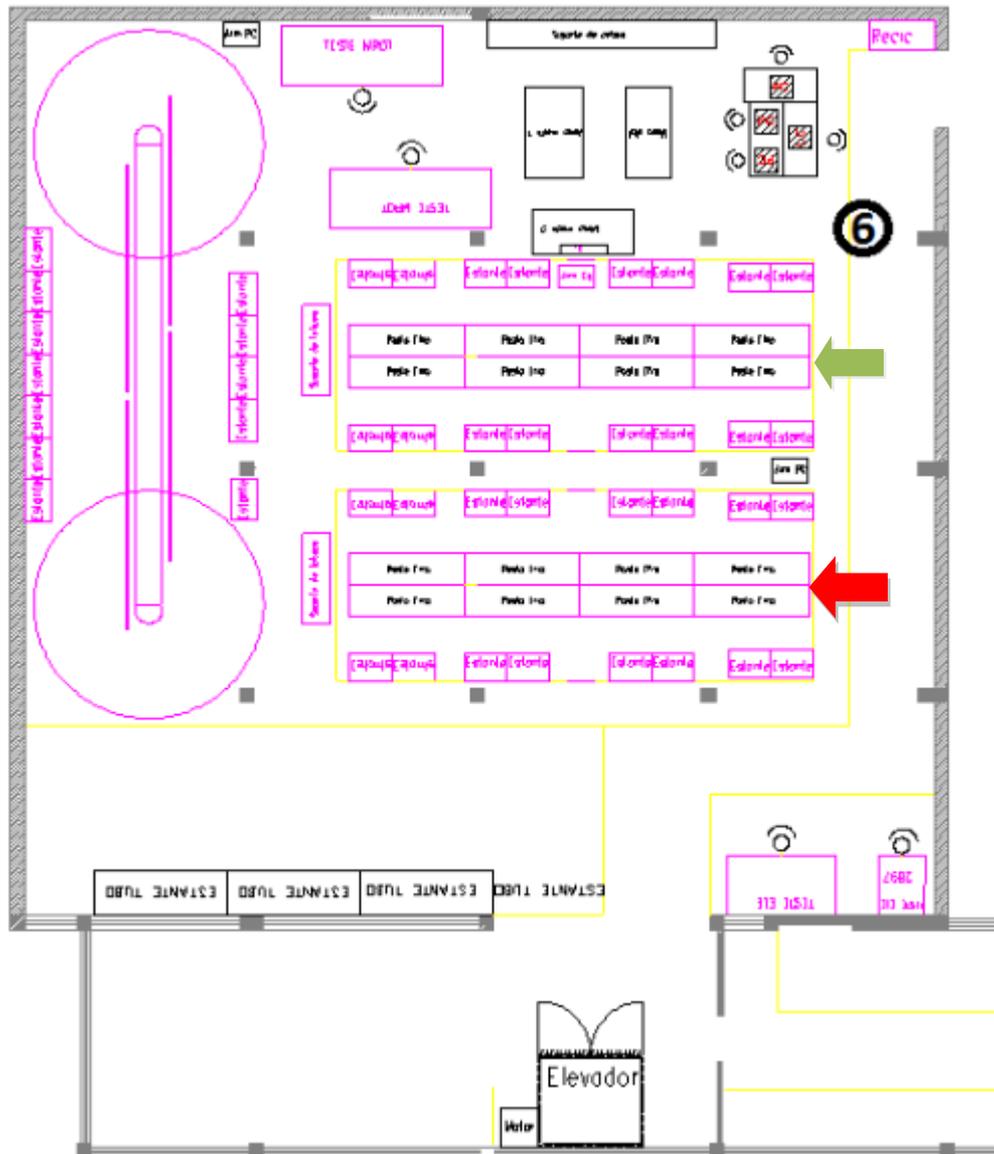


Figura 19 - Layout produtivo da cave (Zona de Protótipos e Amostras)

As operações realizadas nestas fases e em cada um dos segmentos são descritas detalhadamente nas secções seguintes.

#### 4.2.1 Segmento 1

O segmento 1 é o primeiro setor produtivo da empresa e é responsável por transformar a matéria-prima em componentes utilizáveis pela montagem, ou seja, o seu objetivo é única e exclusivamente o suporte e abastecimento das linhas de montagem. Este segmento é

composto pelo setor de corte, pré confecção, picking e área de reparações representados na Figura 20.



Figura 20 - Segmento 1

#### 4.2.1.1 Setor de corte

Este setor é composto por 30 colaboradores em dois turnos distintos, dispostos pelas 15 máquinas de corte de fio Komax Alpha. A empresa utiliza dois modelos distintos de máquina de corte, a 355 e a 411, representadas na Figura 21 porque apesar de cortarem o mesmo tipo de fios, a Komax Alpha 411 está habilitada a cortar fios de secção maior, ou seja, com mais filamentos de cobre. Enquanto a 355 apenas corta fios cuja secção seja inferior a 3mm, a Komax alpha 411 pode cortar fios até 6 mm de diâmetro. Além da tarefa de corte estas máquinas possuem uma impressora no seu interior que imprime o número de fio que irá auxiliar as colaboradoras no setor de montagem.



Figura 21 - Komax Alpha 411(esquerda) e Komax Alpha 355(direita)

Este setor possui uma estante com todas as bobines de fio utilizadas na empresa junto às máquinas de corte com intuito de reduzir as deslocamentos dos colaboradores, que antes de cortar o fio propriamente dito têm de o puxar, levando-o até à sua máquina. Já com o fio na máquina apenas têm de seguir as instruções da ordem de corte, normalmente contendo o

tamanho do lote, o comprimento, a cor, o terminal que lhe corresponde e a secção do fio pretendido. Por fim o colaborador tem de juntar os fios cortados por referência em caixas junto à sua máquina facilitando com isso a tarefa dos colaboradores do picking. O controlo das ordens de corte e das respetivas caixas é realizado através de leitura de código de barras a partir de uma pistola que também se encontra junto à máquina.

#### 4.2.1.2 Picking

Este setor é composto por apenas 4 colaboradores, 2 por turno e recebe os fios já cortados e em caixas do setor de corte e consoante a informação das ordens de produção os encaminham para a etapa produtiva seguinte, que pode ser diretamente para as linhas de montagem, ou então, caso ainda tenham de sofrer alguma transformação, para o setor de pré-confeção.

#### 4.2.1.3 Pré-confeção

Este setor é composto por 71 colaboradores, também dispostos em 2 turnos, e comporta ainda o setor de reparações. A pré-confeção divide-se em três grandes áreas: 1) *Crimping* e *Shirms*-cravações manuais, 2) *Shunts*-união de filamentos e 3) *Twisters*-fios entrançados descritos de seguida:

- *Crimping* e *Shirms*- neste segmento os colaboradores dispõem de máquinas de cravação manual quando o tipo de terminal não pode ser utilizado nas máquinas de corte e também fazem *Shirms*, que são pequenos cabos, já compostos por vários fios unidos pelos colaboradores, que vão ser aplicados na produção da cablagem final.
- No Segmento das máquinas de *Shunts* colaboram 12 operadores em cada turno dispostos pelas máquinas de *Shunts* da empresa. Estas máquinas executam duas tarefas distintas que permitem fazer a união de vários fios em apenas um com dois terminais nas extremidades. Inicialmente o colaborador pega nas extremidades dos fios que quer unir e coloca-os num braço da máquina que através de soldadura ultrassónica une os filamentos de cobre dos fios, como mostra na Figura 22. Por fim, adiciona uma manga retráctil por cima da união dos filamentos e coloca-a na máquina. Usualmente após 9 a 10 segundos a máquina retira o conjunto de fios já unidos com a manga protetora colocada permitindo ao operador nesse espaço de tempo preparar a próxima união.

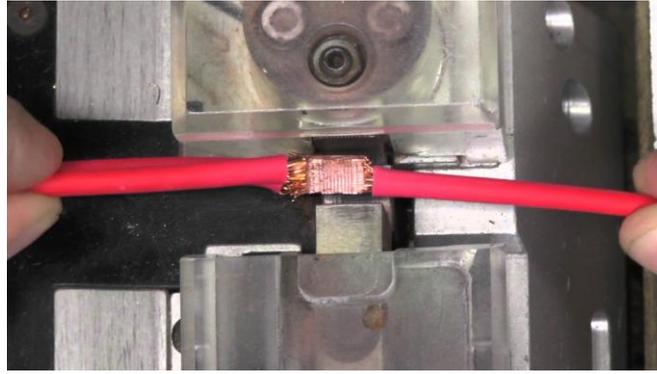


Figura 22 - União dos filamentos de cobre na máquina de Shunts

- Nas máquinas de torcidos colaboram 4 operadores, 2 por turno, e nestas apenas se produzem *Twisters* que são única e exclusivamente fios entrelaçados entre si em toda a sua extensão, ou seja, fios que se liguem aos mesmos conetores mas em polos diferentes, com o objetivo de diminuir o ruído eletromagnético causado pela circulação de corrente elétrica nos cabos para que a comunicação aconteça sem perdas de informação.

#### 4.2.1.4 Zona de reparações

Neste setor colaboram 6 operadores, 3 por turno, que fazem a reparação de cablagens ou fios que não estejam conformes. Todas as cablagens que apresentem inconformidades que não sejam possíveis de resolver no posto de teste elétrico, como trocas de polos ou terminais mal encaixados recebem uma etiqueta vermelha e o abastecedor transporta-os até este setor. Após a reparação estar concluída a cablagem regressa ao posto de teste elétrico para nova inspeção até à cablagem não apresentar inconformidades.

#### 4.2.2 Segmento de Montagem

Os segmentos de montagem assinalados com o numero 2 e representados na Figura 18 com as cores verde, azul e violeta são compostos pelo total de 168 colaboradores dispostos pelas 6 linhas de montagem, 5 das quais com 24 postos e uma, mais pequena com 12 postos de trabalho.

Estas linhas estão segmentadas pela família de produtos e/ou clientes que produzem. As linhas ou carrosséis de montagem são fornecidas pelas empresas Pinto Brasil, como a representada na Figura 23, em baixo, e também pela empresa Vacma Sousa.



Figura 23 – Linha de montagem na LP

Cada linha de montagem possui um abastecedor por turno que recebe os componentes do picking e os distribui pelas estantes dos postos de trabalho. Os operadores dos postos da linha, consoante o tabuleiro que vai percorrendo o carrossel, vão inserindo os fios e componentes descritos no processo de trabalho. O último operador além de cumprir com o seu processo de trabalho também tem de fazer a leitura do código de barras da cablagem que está no tabuleiro, terminando assim a produção do cabo e contabilizado o tempo produtivo para efeitos de cálculo de eficiência, para além de transportar a cablagem terminada para o cavalete do próximo posto, o teste elétrico.

#### 4.2.3 Teste elétrico

O posto de teste elétrico é composto por 41 colaboradores por turno. As máquinas de teste elétrico representadas na Figura 24 são bastante diferentes consoante o cliente, visto que cada um utiliza os seus componentes e por isso os módulos da mesa onde eles se vão encaixar também têm que ser distintos. Os módulos da mesa fazem a leitura dos componentes e da estanquicidade detetando se existe algum componente em falta ou troca de polos.



Figura 24 - Mesa de teste elétrico JCB

O operador de teste inicialmente conecta toda a cablagem nos respectivos módulos da mesa, depois desfaz as conformidades que o programa de teste detete, de seguida faz os acabamentos que o programa indica através de mensagens, como colocação de travões, etiquetas, entre outros e, por fim, retira a cablagem dos módulos, cola a etiqueta de confirmação de teste e coloca a cablagem no cavalete de cablagens testadas e prontas para o posto de atar.

#### 4.2.4 Processos especiais

Neste setor que conta com a colaboração de 18 operadores são processadas algumas referências que exigem no seu processo produtivo dois tipos diferentes de processos especiais, nomeadamente, *braiding* e *foaming*.

##### 4.2.4.1 Braiding

O processo de *braiding* é tipicamente o entrelaçamento de filamentos para formar um reforço de bloqueio para tubos de polímero. Este processo realizado em máquinas como a que está representada na Figura 25 visa atender a requisitos de desempenho como resposta a torção, maior torque e resposta a altas pressões.

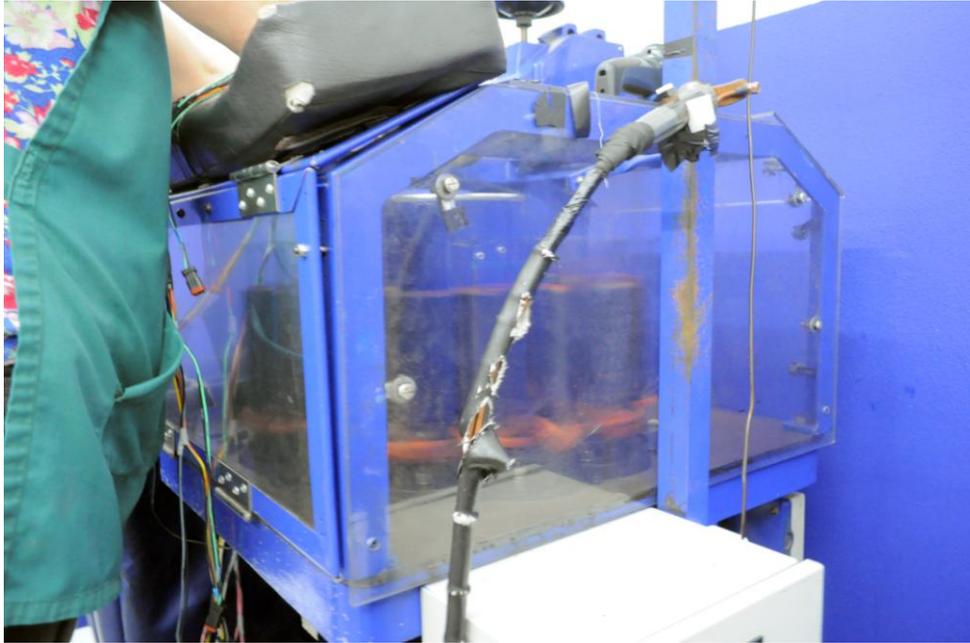


Figura 25 - Máquina de braiding

#### **4.2.4.2 Foaming**

Neste processo a cablagem é inserida em moldes onde é depois injetado Polipropileno ou Polietileno. Durante este processo, como a Figura 26 tenta evidenciar, a espuma polimérica é forçada com altas pressões preenchendo o molde pretendido e cortado o excesso, seguindo a forma exata dos desenhos em AutoCad. Este processo garante à cablagem muito maior resistência térmica bem como maior resistência à tração e ao choque.

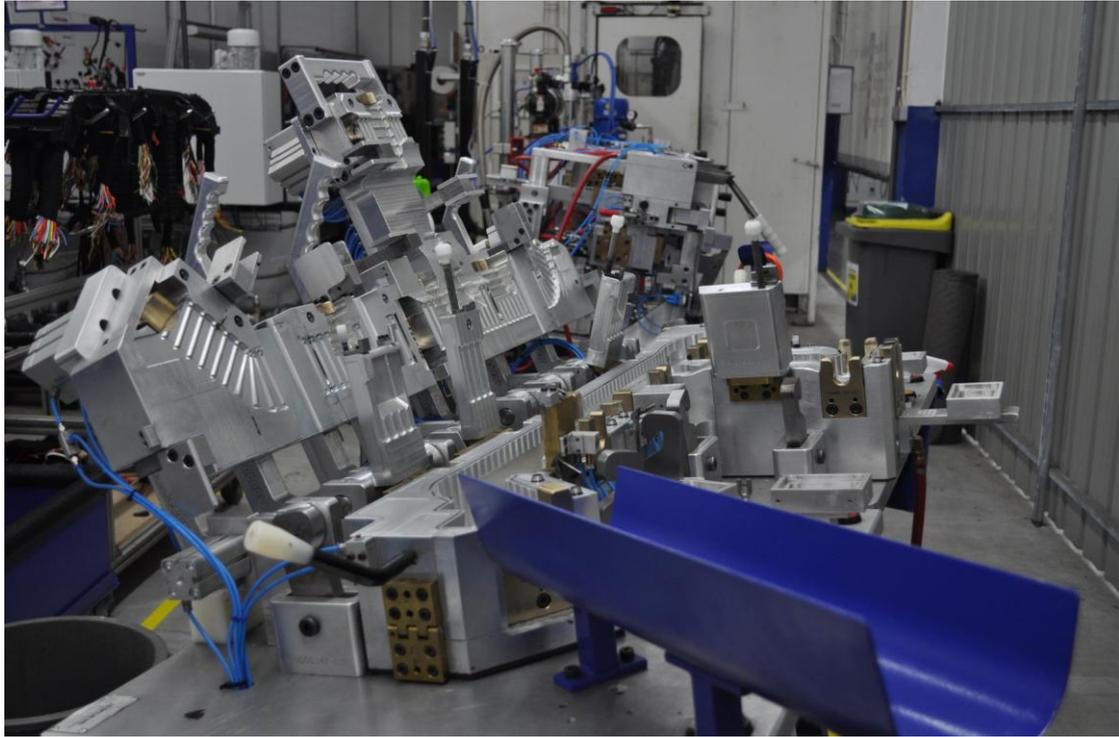


Figura 26 - Máquina de Foaming

#### 4.2.5 Embalamento

Neste setor colaboram 6 operadores divididos em dois postos de trabalho distintos, nomeadamente, posto de atar e posto de empacotamento. No primeiro, o colaborador, com recurso a um computador verifica a instrução técnica de como atar o cabo que normalmente depende do cliente ou divisão de cliente e do tamanho da cablagem em si. Por fim, apenas tem de colocar em caixas de cartão ou em caixas semelhantes à da Figura 27 novamente dependendo das exigências do cliente, desta vez no que diz respeito ao tipo de embalamento. No segundo posto, e com recurso a um porta-paletes, o colaborador apenas transporta as cablagens já embaladas para a zona de expedição após ter feito a leitura do código de barras que indica o final da ordem de produção.



Figura 27 - Caixas utilizadas no embalamento de cablagens da JCB

#### 4.2.6 Protótipos e Amostras

Este setor designado internamente por Protótipos e Amostras está localizado na cave da empresa numa zona com 400 m<sup>2</sup> de área produtiva representada na Figura 19. Esta área possui uma linha de montagem Rotary LIRTP007 composta por 4 tabuleiros, ou seja, dividida por 8 colaboradores, acrescentando ainda um abastecedor da linha. Esta linha, designado por 2780, é responsável pela elaboração das primeiras ordens de novos projetos de forma a balancear e afinar o processo de montagem e também produz cabos de série mas com quantidades reduzidas. Assinalado com uma seta verde na Figura 19 está o segmento, internamente designado por 2128 que é responsável pela produção de protótipos, e primeiras amostras juntamente com o seu relatório de inspeção, conjunto este que é designado por I.S.I.R.

O protótipo trata-se de uma cablagem destinada a testes no cliente que não é obrigatoriamente produzida em condições de série, pelo contrário, o I.S.I.R é a primeira cablagem produzida em condições de série destinada a validar todo o processo juntamente com o seu relatório.

Neste setor, 2128, a produção das cablagens é feita individualmente por cada um dos 8 colaboradores que, diversamente do segmento de montagem, é exigido que haja uma confirmação que a cablagem foi realizada de acordo com o desenho de cliente. Confirma-se ainda a lista de materiais (BOM), verificação da secção, cor e tipo de fio de acordo com o desenho técnico e verificação das impressões do fio, exigindo que o texto impresso seja confrontado com o número da cavidade correspondente ao conetor.

Para além disso, e como se trata da primeira amostra, ainda não existem programas de teste elétrico para a cablagem por isso é necessário que a cablagem seja testada manualmente de acordo com o desenho técnico, onde são testadas todas as ligações do cabo e os respetivos componentes (resistências, relés, entre outros) não só para garantir que não existem inconformidades mas sobretudo porque este irá servir como aprovação do programa de teste elétrico para as cablagens de série da referência em questão.

Uma vez concluído o teste manual a cablagem é enviada para o departamento de gestão da qualidade para verificações dimensionais, preenchimento de relatórios dimensionais, análise dos fios e componentes e aprovação do teste elétrico.

O segmento conta ainda com 3 postos fixos, internamente designados como TF7 e assinalados com uma seta vermelha na Figura 19 que realizam cabos de série em que não haja vantagem na produção em linha, e é também responsável pela elaboração de *rework's*, ou seja, todas as

cablagens que tenham novas instruções requeridas pelo cliente, ou reclamações que eventualmente possam existir e seja necessário refazer as cablagens.

### 4.3 Análise crítica e identificação de problemas

Esta secção apresenta a análise crítica realizada aos segmentos anteriores, havendo particular atenção ao segmento dos protótipos e amostras onde o trabalho mais se focou por indicação da empresa. Alguns problemas foram identificados nos setores existentes e descritos anteriormente. Na Figura 28 pretende-se mostrar algumas das situações mais críticas dos postos de trabalho e setores desorganizados em geral.



Figura 28 - Desorganização no abastecimento e armazenamento dos materiais

#### 4.3.1 Análise ao abastecimento de materiais

O abastecimento dos postos de trabalho das linhas de montagem é realizado por um único operário para cada uma das linhas, denominado de abastecedor. Este colaborador recebe os planos de trabalho do supervisor onde está indicado aquilo que vai ser produzido, quando e em que quantidades irão ser produzidas.

Os abastecedores recebem componentes das secções anteriores, corte e pré-confeção, no entanto existem componentes que têm de ir buscar ao armazém, nomeadamente, fita PVC, plugs, travões ‘anti-backout’, entre outros, onde posteriormente é dado baixa no sistema desses mesmos componentes pelo colaborador responsável pelo armazém.

No armazém, os colaboradores fazem a verificação dos níveis de *stock* de segurança e se essa pessoa constatar que existe material em falta informa os responsáveis de logística, dando início à requisição desses componentes em falha.

No posto de teste elétrico também existe um controlo sobre o que está a ser produzido. Para esse efeito o colaborador de teste, após a inspeção ao cabo imprime uma etiqueta, verde ou vermelho, dependendo se apresenta ou não inconformidades confirmando assim a produção de determinado produto e verificando a sua qualidade.

Além disso, existem operários responsáveis pelo abastecimento e picking afetos apenas ao segmento 1, que comporta o corte e pré-confeção. Estes colaboradores possuem um *laptop* com acesso ao planeamento fino deste segmento, tendo informação de quais os fios que têm de passar por uma transformação na pré-confeção e de quais devem ir diretamente para as respetivas linhas de montagem.

Estes colaboradores são os responsáveis por garantir que as linhas de montagem não parem por falta de abastecimento. O fluxo de materiais é, assim, empurrado do segmento 1 para as linhas de montagem, sem que o posto de trabalho sucessor o solicite. Apesar de existir uma rota de fabrico bem delineada, por vezes, o afastamento entre setores conduz a longas distâncias percorridas como se pode observar na análise do fluxo na Figura 29 a seguir representada.

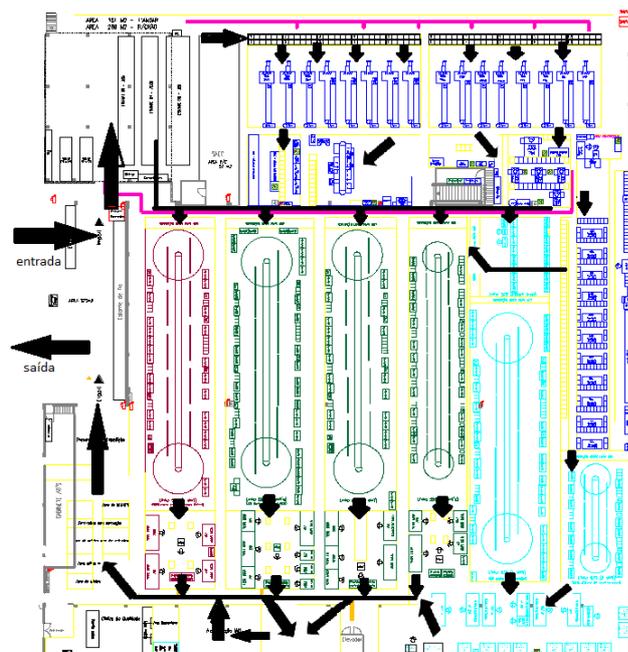


Figura 29 - Fluxo de materiais na zona produtiva da Leoni

#### 4.3.2 Muitas paragens e elevados tempos de setup nas máquinas do Segmento 1

O segmento 1 é considerado o coração da empresa e após um estudo mais aprofundado foi possível constatar que ao nível dos equipamentos neste setor, nomeadamente as máquinas Komax Alpha, apresentavam elevados tempos de paragem corretiva e elevado número de setups.

É importante referir que existem dois tipos de mudanças para estas máquinas, a primeira trata-se de troca de ferramenta propriamente dita, e a segunda passa por fazer uma verificação dos valores do fio e fazer o teste de resistência do mesmo. Para uma análise mais fácil foram agregados estes dois tempos de setup, e de forma sucinta, são apresentados na Tabela 5 registos de paragem por avaria, por setup's efetuados e produção de fios não conformes para os meses em análise nos dois turnos que o segmento comporta.

Tabela 5 - Registos de paragens e produção não conforme nos meses em análise

| Mês       | Minutos produzidos | Paragens corretivas (min.) | Setup's (min) | Produção conforme (nº fios) | Produção defeituosa (nº de fios) |
|-----------|--------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Janeiro   | 259200             | 2676                       | 35349,3       | 3376343                     | 657                              |
| Fevereiro | 288000             | 2300                       | 39447,91      | 3411826                     | 1241                             |
| Março     | 316800             | 2974                       | 43234,78      | 3826420                     | 1602                             |
| Abril     | 316800             | 2670                       | 35390,14      | 3464945                     | 1420                             |

Pela observação dos dados permitiu-se concluir que em 15% do tempo produtivo os equipamentos estão parados quer seja por avaria, quer por troca de ferramenta ou *setup*. Relativamente às avarias, como pode ser observado no Anexo 1, existem sobretudo avarias mecânicas, problemas de *software*, problemas na impressão dos fios e problemas na ferramenta de cravação. O problema com maior frequência é sobretudo relacionado com a ferramenta de cravar, sendo necessário ajustar a trompeta da ferramenta ou problemas com o alimentador pneumático da mesma.

No que diz respeito aos *setup's* inclui-se todas as trocas de ferramentas de cravação que necessariamente são realizadas com a máquina parada e também as verificações de diâmetro de fio, altura e largura da cravação e teste de resistência do fio e depois inserção desses valores no *software* TOPWIN para controlo dos limites superiores e inferiores de inspeção. Para além destas paragens, já consideradas, verificou-se também que o operário perdia algum

tempo a deslocar-se até à estante de fio para pegar no fio pretendido para a ordem de corte seguinte.

O diagrama da Figura 30 pretende demonstrar as principais causas de paragem de máquina, algumas já mencionadas anteriormente.

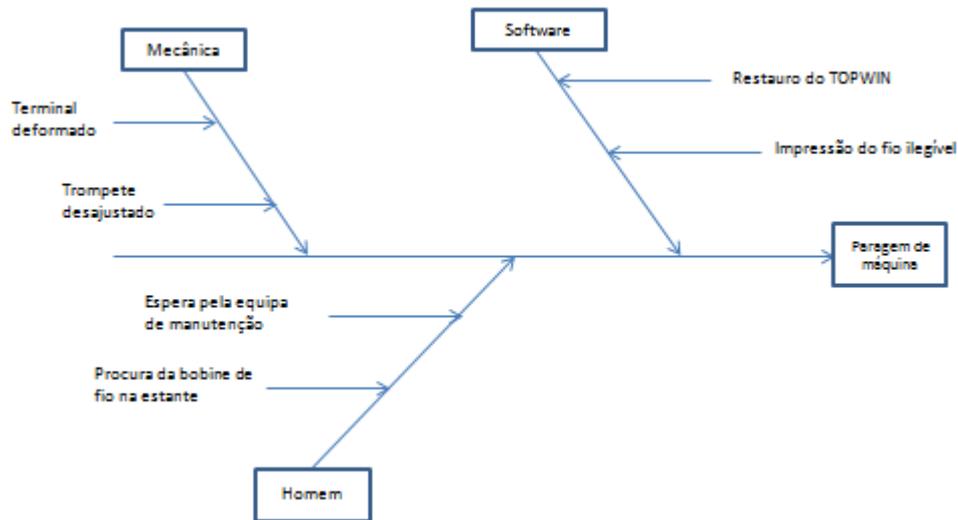


Figura 30 - Diagrama de Ishikawa que representa as principais causas de paragem de máquina

#### 4.3.3 Desorganização, congestionamento e erros nas linhas de montagem

No segmento de montagem da empresa composto pelos carrosséis Rotary LIRTP0007 e pelas estantes de componentes de cada posto de trabalho foi possível verificar alguma falta de organização precisamente devido às estantes não estarem atualizadas para o atual volume produtivo.

As estantes metálicas da empresa, identificadas na Figura 28 são as mesmas desde que a empresa iniciou a atividade em 1991. Como é possível observar para além de existir pouco espaço para colocar os vários fios de que o posto vai necessitar, existe muita desorganização o que obriga o operador a ler a impressão dos fios para ter a certeza que pegou no fio correto tal é a proximidade entre os componentes.

Para além desse facto, pode-se observar que a abastecedora faz a provisão de componentes pela parte da frente da estante, ou seja, entre a linha de montagem e a estante, que é precisamente o local do posto de trabalho das colaboradoras da montagem, o que origina um congestionamento e confusão nessa área, aumentando automaticamente os tempos de posto da linha de montagem.

Além disso, constatou-se pela análise da reparação de erros das cablagens que o maior problema encontrado prende-se nas trocas de polo efetuadas pelas operadoras de montagem. Na análise de reparações representada no Anexo 2 pode-se observar que mais de 40% das cablagens que se destinam às reparações vão com o intuito de desfazer trocas de polo.

No gabinete de reparações para resolver este problema é necessário desmontar o conector e através de chaves especializadas remover os fios dos polos errados do conector colocando posteriormente no polo correto.

#### 4.3.4 Estrangulamento e tempos elevados no Teste elétrico

O segmento de teste é composto por várias mesas de teste elétrico em que cada mesa é competente para um tipo de cliente ou divisão de cliente. Devido a esse facto as mesas encontram-se distribuídas nas zonas contíguas às linhas de montagem que produzem referências da divisão de cliente que podem ser testadas nas mesmas.

Inicialmente, e após ter sido identificado um problema ao nível de estrangulamento neste segmento, foi possível observar que uma grande parte das referências não cumpria os tempos definidos pelo gabinete de cotações da empresa, ou seja, existia uma boa porção de tempo utilizado pelos operadores de teste que não estava a ser pago pelo cliente.

Foi possível observar também que o processo de teste elétrico do cliente VOLVO envolvia mais uma fase do que todos os outros clientes, nomeadamente, executar uma leitura de etiquetas em todos os tramos da cablagem bem como nos respetivos módulos da mesa de teste onde a cablagem se iria conectar. Esta nova fase, imediatamente após a conexão da cablagem na mesa de teste, foi proposta recentemente e o impacto da mesma ainda não era claro, nem foi devidamente calculado. Mais uma vez, e rapidamente foi possível constatar, que uma grande parte das cablagens deste cliente não cumpriam os tempos definidos pela divisão de cotações do gabinete técnico.

Além disso, pode-se observar também que existem alguns componentes que a operadora de teste tem de colocar mas, no entanto, estes encontram-se misturados nas caixas dificultando a procura e obrigando o operador a perder mais de vinte segundos nessa simples tarefa.

#### 4.3.5 Muitas deslocações, tempos elevados de montagem e outros problemas nos Protótipos

No segmento de protótipos e amostras, no qual se passou grande parte do estágio, pode-se observar que existiam várias oportunidades de melhoria que podiam ser alcançadas sem grande esforço financeiro nas diferentes zonas deste sector.

##### 4.3.5.1 Linha 2780

Um dos desperdícios detetados prendia-se com as deslocações que a operadora de abastecimento era obrigada a fazer quando transportava as cablagens produzidas na linha 2780 para a mesa de teste elétrico que se encontrava no piso superior, obrigando inclusivamente a utilização do elevador para fazer a entrega dos cabos à operadora de teste.

Também foi possível verificar que a orientação dos cavaletes, quer dos protótipos quer também das tábuas fixas, não era a ideal, pois não permitia a observação por parte dos supervisores, o que para efeitos de controlo é fundamental.

Ainda neste segmento identificou-se que a linha 2780 composta pelo carrossel Rotary LIRTPB0007, composta pelo seu motor rotativo e o respetivo potenciómetro, ou regulador de velocidade, apresentava em alturas distintas do dia, tempos de volta dos carrinhos bastante diferentes para igual velocidade no regulador o que tem criado muitas dificuldades no planeamento da linha, traduzindo-se em níveis de eficiência muito abaixo daqueles que seriam expectáveis.

Esta observação conduziu a um estudo de tempos mais cuidado nesta linha cuja representação se encontra na Figura 31.

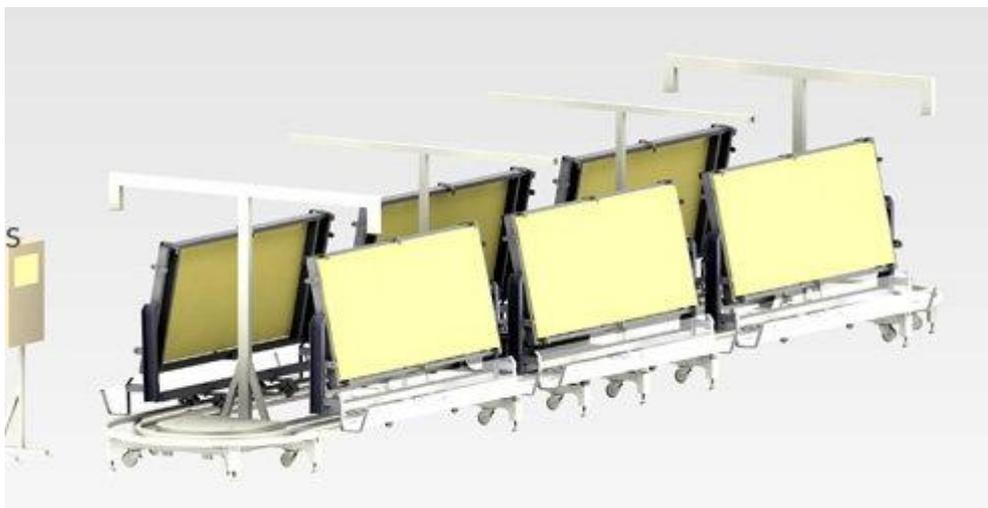


Figura 31 - Linha de montagem Rotary LIRTPB0007 de estrutura dinâmica

A linha de montagem modelo Rotary consiste numa estrutura dinâmica tipo Carrossel em que tabuleiros se movimentam de forma controlada ao longo das áreas definidas para postos de trabalho. O movimento deslizante dos tabuleiros é executado sobre guias tubulares, executado com velocidade reduzida de forma contínua ou intermitente.

Após várias cronometragens em diferentes dias e com diferentes velocidades constatou-se que a linha Rotary LIRTPB0007 no início do primeiro turno do dia apresentava uma velocidade de rotação bastante mais baixa do que, por exemplo, na parte da tarde, chegando por vezes a apresentar uma diferença de 6 minutos para uma mesma velocidade no potenciómetro.

Tabela 6 - Tempos obtidos a uma volta completa do carrinho/tabuleiro

| <b>Velocidade</b>      | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>14</b> | <b>15</b> |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Observação(min)</b> |           |           |           |           |           |           |
| Matinal (8-9h)         | 26,61     | 22,91     | 18,98     | 16,11     | 14,85     | 14,21     |
| Após almoço (14h)      | 20,52     | 17,10     | 13,35     | 11,48     | 9,74      | 9,02      |

Em cima pode-se observar através da Tabela 6, tempos retirados a uma volta completa do carrinho, o primeiro por volta das 8h da manhã e outro após a hora de almoço entre as 13 e as 14 horas com velocidades no potenciómetro variadas, nomeadamente, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 que são as mais comumente utilizadas.

Como se pode observar na tabela as leituras obtidas na parte da manhã são sempre substancialmente mais demoradas do que as da parte da tarde. Por exemplo, com velocidade 15 no potenciómetro da máquina a diferença observada nas duas observações é de 5,19 minutos e em velocidades mais lentas, como, por exemplo, 10 a diferença observada é ainda maior, chegando a atingir os 6,09 minutos.

Esta diferença observada, para além de poder significar algum desgaste da máquina, tem criado muitas dificuldades no planeamento da linha, como seria expectável, pois os cabos apenas saem da linha após uma volta completa, e sendo que a linha é constituída por 4 carrinhos, multiplicando pela diferença obtida, torna-se num *gap* muito difícil de contornar pelo responsável do planeamento. Esta dificuldade vai-se traduzir em níveis de eficiência muito abaixo daqueles que são pretendidos.

Como a eficiência é uma das medidas de desempenho mais importantes para a empresa decidiu-se contactar o fabricante para informar sobre as condições de utilização e manutenção do aparelho Rotary LIRTPB0007 e perceber se estas têm sido seguidas e respeitadas. Segundo informações obtidas a partir do Eng<sup>o</sup>. Pedro Moura responsável pelo contacto com os clientes da empresa Pinto&Brasil, fabricante da máquina, a manutenção da linha deve respeitar três manutenções distintas e insubstituíveis entre si: a manutenção mensal, trimestral e anual, cujas tarefas estão individualizadas na Tabela 7 a seguir representada.

**Tabela 7 - Tarefas do plano atual de manutenção preventiva**

| Mensal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Trimestral                                                                                                                                                                                                     | Anual                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar os elos e substituir caso necessário</li><li>• Verificar a fixação dos caleiros e a não existência de rebarbas</li><li>• Verificar o bom estado dos desenroladores de fita e lâminas</li><li>• Reapertar os parafusos das forquetas</li><li>• Lubrificar a corrente e rodas dentadas</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nivelar e alinhar a linha</li><li>• Verificar as guias tubulares das linhas e substituir as danificadas</li><li>• Ajustar a corrente do motor e cremalheiras</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Substituir rolamentos das roldanas dos carrinhos da linha</li><li>• Substituir rolamentos do motor</li><li>• Substituir ajustes de <i>Nylon</i> da corrente</li><li>• Lubrificar as correntes do motor</li></ul> |

Após reunião com os colaboradores responsáveis pela manutenção dos carrosséis de montagem concluiu-se que estas tarefas eram respeitadas nos planos de manutenção, no entanto, que as guias tubulares nunca tinham sido substituídas e a verificação das mesmas era muito superficial, sendo que na grande maioria das vezes nem eram limpas. Além disso, no ponto 4 da manutenção anual, também foi possível constatar que as correntes do motor também não eram limpas antes da lubrificação, apesar de ser aconselhado uma lavagem com água e sabão, ou apenas água antes da aplicação da massa para olear a corrente.

#### **4.3.5.2 Família de produtos 6690 produzidas no setor de Tábuas Fixas**

No posto de tábuas fixas do segmento também foi possível apurar que na fase de montagem das referências da família F series da CATERPILLAR era excedido o tempo disponível. No início do processo são cortados ambos os fios necessários bem como o tubo de PVC de 4 metros. Posteriormente, esses fios são transportados até à pré-confeção onde são cravados os olhais. De seguida, todo o material é transportado para a cave visto que este cabo é produzido

apenas em tábuas fixas, ou seja, a montagem do cabo é feita por apenas uma operadora que dispõe de cerca de 4 minutos para terminar a montagem e colocar o cabo no carrinho para a inspeção elétrica.

É precisamente nesta fase de montagem que se denotam perdas de eficiência, visto que nenhuma operadora consegue cumprir os tempos de montagem definidos pelo gabinete técnico. Por ser uma referência com alguns anos e de um dos melhores clientes da empresa as cotações deste cabo não podem ser alteradas até que este sofra alguma alteração técnica. Para além disso é claramente a referência que se produz em maior quantidade no segmento de Tábuas Fixas da empresa com encomendas semanais de 450 cabos.

Estes argumentos validaram uma investigação mais aprofundada ao processo produtivo desta referência. Após o estudo de todas as fases do processo identificou-se a fase de montagem como a causadora do excesso de tempo no processo e consecutivamente da perda de eficiência. O mesmo se encontra descrito na Tabela 8 onde se pode observar que a fase de montagem ultrapassa o tempo definido pelo Gabinete Técnico em cerca de 1,5 minutos, ou seja, 37,5% do total do tempo de montagem, o que em grandes encomendas se traduz em muitas horas não remuneradas pelo cliente.

Tabela 8 - Tempos produtivos de todas as fases do processo de produção da referência 387-6690

| Tempos Produtivos definidos pelo GT |         | Tempos obtidos por cronometragem |                |
|-------------------------------------|---------|----------------------------------|----------------|
| Corte fio                           | 0,09853 | 0,079                            | Corte fio      |
| Corte Tubo                          | 0,23782 | 0,2                              | Corte Tubo     |
| P.C.                                | 1,6928  | 1,659                            | P.C.           |
| Montagem                            | 4,03991 | 5,51                             | Montagem       |
| Braiding                            | 0,57288 | 0,55                             | Braiding       |
| Teste elétrico                      | 0,73913 | 0,7                              | Teste elétrico |
| Embalar                             | 1,28671 | 1,25                             | Embalar        |
| TOTAL                               | 8,66778 | 9,948                            | TOTAL          |

Após constatar qual a fase crítica do processo foi analisado todo o processo de montagem dividindo-o pelas diferentes fases observadas; inserir os fios por dentro do tubo através de guia, montagem na tábua colocando as etiquetas necessárias e por fim secar duas mangas nas extremidades do cabo.

Esta divisão da montagem em pequenas operações juntamente com observação e cronometragens cuidadas permitiu a perceção que a fase de inserir os fios com o guia metálico no tubo é uma das operações cuja dificuldade foi desconsiderada na cotação do cabo

até porque esta operação é realizada com ajuda de uma outra operadora, que puxa o guia enquanto a operadora segura no tubo, o que faz com que estejam duas operadoras envolvidas nesta pequena operação. Para uma melhor perceção dos tempos obtidos nestas operações, na Tabela 9 estão representadas as observações feitas a uma das colaboradoras com mais experiência nestes cabos durante a fase de montagem do cabo.

Tabela 9 - Cronometragens obtidas durante a fase de montagem do cabo 387-6690

| CLIENTE:                                                                          | REFERÊNCIA: | FORS:             | Tempo LPGT  | DATA:       |             |             |             |             |             |             |             |                    |                         |                             |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-------|
| OASIS                                                                             | 387-6690    | 322467303         | 4,14        |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |                         |                             |       |
|  | Ciclo       | 1                 | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | $\frac{\sum L}{n}$ | $\frac{\sum ti}{n}$     | $t = \frac{L}{ti}$<br>(min) | NOTAS |
|                                                                                   | L           | 100               | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100                | 100                     | 100                         | 0,97  |
| Inserir fios através de guia                                                      | ti          | 0,88              | 1,02        | 0,86        | 1,09        | 0,89        | 0,81        | 0,96        | 0,96        | 1,1         | 1,16        | 0,97               | 0,97                    |                             |       |
| Montagem na tábua                                                                 | L           | 100               | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100         | 100                | 100                     | 3,01                        |       |
|                                                                                   | ti          | 3,28              | 3,07        | 3,19        | 3,21        | 3,1         | 3,22        | 2,89        | 3,02        | 3,27        | 3,26        | 3,26               | 3,01                    |                             |       |
| Secar Mangas                                                                      | L           | 95                | 100         | 95          | 95          | 95          | 95          | 100         | 100         | 95          | 100         | 97                 | 97                      | 1,53                        |       |
|                                                                                   | ti          | 1,63              | 1,49        | 1,65        | 1,89        | 1,7         | 1,6         | 1,37        | 1,2         | 1,85        | 1,4         | 1,58               | 1,58                    |                             |       |
| <b>Total</b>                                                                      |             | <b>5,71</b>       | <b>5,58</b> | <b>5,62</b> | <b>6,10</b> | <b>5,61</b> | <b>5,55</b> | <b>5,22</b> | <b>5,18</b> | <b>6,13</b> | <b>5,82</b> |                    |                         | <b>5,51</b> min             |       |
| FUNCIONÁRIO                                                                       | Nº:         |                   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |                         |                             |       |
|                                                                                   | Nome:       | Marta (Elisabete) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    |                         |                             |       |
|                                                                                   |             |                   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                    | Tempo LPGT / Tempo Real | 75,09%                      |       |

Como se pode observar na tabela de tempos, em nenhuma das observações se consegue obter uma eficiência superior a 75% pois em média a operadora apenas consegue finalizar o cabo em 5,5 minutos quando o tempo disponível ronda os 4 minutos.

#### 4.3.5.3 Sistema desadequado de armazenamento de mapas

Também foi possível verificar que o sistema atual de armazenamento de mapas, também identificado na Figura 28 não era sustentável a longo-prazo, visto que os mapas para serem colocados nos cavaletes eram enrolados e guardados em caixas de cartão ou plástico o que para além de ocupar muito espaço produtivo dificultava a procura do mapa que era pretendido.

O fato de os mapas estarem enrolados, como mostra a Figura 32 dificultava muito a procura do mapa desejado, além disso o fato de não estarem divididos ou organizados por clientes ou divisão de clientes faz com que se perca muito tempo na busca do mapa pretendido. Para além disso, era evidente, que a alternativa atual se torna inoportuna a longo prazo, ou seja, quanto mais mapas, de diferentes referências existirem, mais difícil se tornava encontrar o desejado.



Figura 32- Sistema de armazenamento atual dos mapas de montagem

#### ***4.3.5.4. Dimensionamento e orientação inadequado dos cavaletes***

Por último, o dimensionamento dos cavaletes, quer dos postos fixos como dos protótipos não é o adequado para a altura média dos colaboradores que os utilizam. Todos os colaboradores do segmento dos protótipos são do sexo feminino e na grande maioria a sua altura não ultrapassa 1.65 metros, contudo o cavalete mede 1,9 metros obrigando as colaboradoras a esticarem-se para alcançar as forquilhas mais altas do cavalete, ou então, como foi possível observar, a utilizarem uma caixa por baixo dos pés para atingirem a altura necessária para efetuarem a montagem sem dispêndio de energia desnecessário.

#### ***4.3.6 Construção do Value Stream Mapping para as referências da “F series”***

Para este projeto foi construído o VSM para a família de produtos em análise no setor de tábuas fixas do segmento de protótipos, nomeadamente, as referências da divisão ‘F series’ da CATERPILLAR produzidas no segmento dos protótipos e cujos tempos produtivos definidos não conseguem ser cumpridos pelos colaboradores. Esta escolha também foi justificada pela análise ABC realizada e apresentada em Anexo 3, bem como, pela necessidade de restrição do projeto.

Para esta família construí-se também gráficos de sequência e fluxo que estão representados no Anexo 4. Estes abordam e tomam em atenção as atividades produtivas nos segmentos enquanto que o *Value Stream Mapping* permite visualizar a cadeia de valor como um todo, bem como o *WIP* existente entre processos. Para esse efeito foi necessário determinar os valores de *stock* intermédio entre cada processo produtivo. Os resultados são valores médios de inventário recolhidos durante o acompanhamento ao processo desta referência. Após a recolha de dados foi construído o *VSM* de estado atual ilustrado na Figura 33.

|           |        |
|-----------|--------|
| Demand    | 90.00  |
| Work Time | 480.00 |
| Takt      | 5.33   |

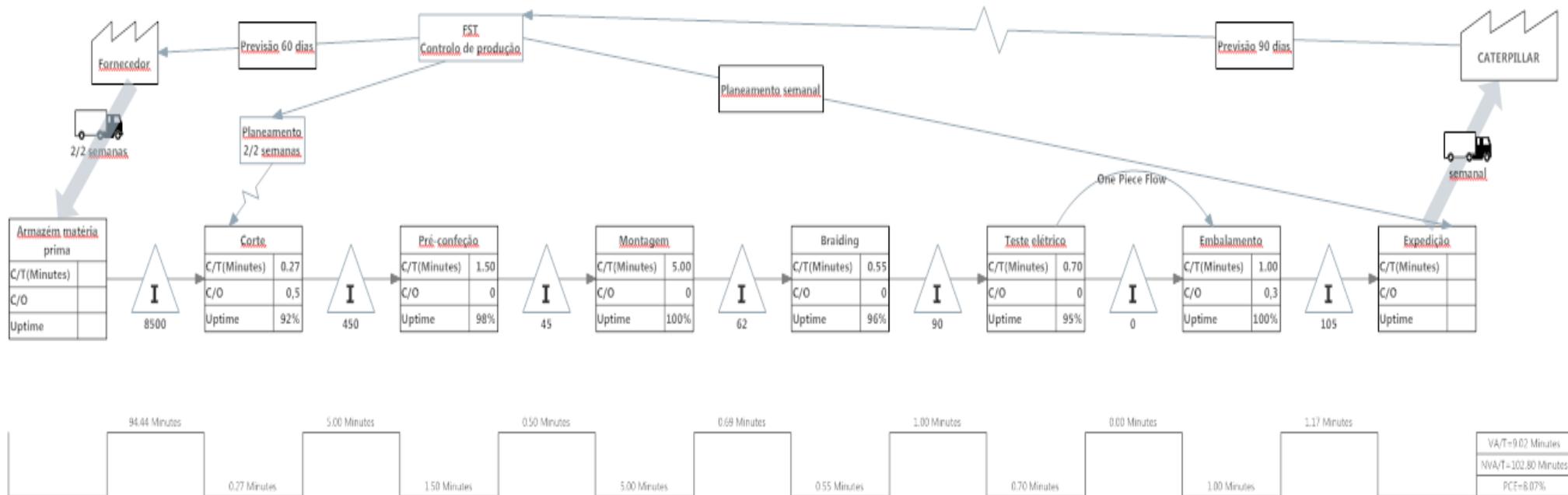


Figura 33 - VSM de estado atual da referência 357-6690

#### 4.3.6.1 Quantidade elevada de inventário inicial

Como é possível observar, a quantidade de inventário inicial, ou seja de fio que é entregue pelo fornecedor ao armazém de matéria-prima é responsável por, aproximadamente, 90% do trabalho sem valor acrescentado. Da mesma forma, o facto de apenas existir um envio semanal para o cliente CATERPILLAR faz com que exista algum *stock* de produto acabado, também responsável por algum desse desperdício.

Entre os processos de corte e pré-confeção também existe um valor de inventário considerável, explicado porque no planeamento fino do segmento de corte e para evitar tempos de Setup e troca de ferramentas, a máquina executa a ordem de 450 cabos por semana de uma só vez.

Entre os processos de teste elétrico e embalagem existe fluxo unitário por peça, ou seja é garantido *One Piece Flow* e por isso não existe valores de inventário intermédios entre os processos.

#### 4.3.6.2 Tempos de ciclo superiores ao Takt time

No canto superior esquerdo da Figura 33 pode ver-se o tempo que o mercado absorve um produto, 5,33 minutos, e no final da linha do tempo verifica-se que a empresa não o consegue cumprir, ultrapassando em 3,69 minutos o *Takt Time* relativo ao produto.

#### 4.3.6.3 Determinação de indicadores chave

Para além de permitir estas observações, uma grande vantagem na construção do VSM foi a determinação de alguns indicadores chave, como o *lead time* do produto e o tempo de percurso, ou seja, o tempo em que realmente se acrescenta valor ao produto e o tempo que um produto fica em fábrica desde que chega como matéria-prima até ser dado como expedido para o cliente. Na análise à linha de tempo verifica-se que apenas 8% do total de tempo que o produto fica em fábrica é de valor acrescentado, existindo uma grande quantidade de atividades que não acrescentam valor, cerca de 92%.

#### 4.3.7 Síntese dos problemas identificados

O estudo efetuado à situação atual da empresa revelou a existência de vários problemas identificados na Tabela 10. Nesta tabela também se identifica o tipo de desperdício e o local onde ocorre associando-o à categoria 5M (Man, Machine, Method/Measurement, Material and Management).

Tabela 10 - Tabela síntese dos problemas identificados

|                    | Problemas                                                                        | Tipo de desperdício                   | Local          |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Man                | Falta de aplicação dos 5S                                                        | Esperas                               | Vários         |
|                    | Erros na montagem                                                                | Sobre processamento                   | Montagem       |
| Machine            | Elevado nº de setup's e trocas de ferramenta                                     | Esperas                               | Corte          |
|                    | Elevado nº de paragens por avaria                                                | Esperas                               | Corte          |
|                    | Planos de manutenção desadequados                                                | Esperas                               | Montagem       |
| Method Measurement | Falta de controlo prévio na qualidade                                            | Defeitos                              | Montagem       |
|                    | Tempos normalizados diferentes dos tempos estipulados pela empresa               | Esperas                               | Vários         |
| Material           | Alguns componentes não estavam conformes                                         | Defeitos                              | Vários         |
| Management         | Desorganização de supermercados de secção                                        | Movimentações desnecessárias          | Teste elétrico |
|                    | Não existem garantias que todos os componentes necessários se encontrem no posto | Esperas, Movimentações desnecessárias | Teste elétrico |

## 5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Este capítulo visa a apresentação das propostas de melhoria para resolver os problemas identificados. Estas seguem uma lógica que vai de encontro aos objetivos deste projeto e surgem como resposta aos problemas identificados no capítulo anterior utilizando práticas e ferramentas da produção *Lean*.

### 5.1 Plano de formação

A filosofia *Lean* defende a envolvência das pessoas, no entanto a maior parte dos colaboradores desconheciam a vontade da gestão de topo na implementação desta filosofia no sistema produtivo. Assim começaria por informá-los e envolvê-los na aplicação de algumas das ferramentas desta filosofia que se considera uma mais-valia para a rentabilização da cadeia de valor e dos postos de trabalho.

Alguns dos problemas evidenciados foram a falta de organização dos postos de trabalho e a falta de consciência da sua importância para a empresa; por isso foi sugerida a realização de formação sobre a ferramenta 5S onde é pretendido sensibilizar todos os colaboradores para a arrumação do posto de trabalho, tornando a procura de ferramentas eficaz e sem constrangimentos, de forma a permitir um melhor desempenho na realização do trabalho.

Também é sugerida formação sobre *Standard work*, uma vez que a maioria dos colaboradores revelaram total desconhecimento quer da ferramenta quer do seu significado. Considera-se que a formação nestas áreas seria uma importante e boa forma de iniciar a envolvência de todos os funcionários na trajetória definida pela empresa. De forma sucinta é apresentado na Tabela 11 as ações de formação que se crê necessárias, os temas a abordar, bem como um sumário das mesmas.

Tabela 11 - Ações de formação a serem realizadas com os colaboradores

| Ação de formação | Tema a abordar                                                                          | Sumário                                                                                                                  | Responsável |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1                | Contextualização do interesse da gestão de topo na aplicação de ferramentas <i>Lean</i> | Definição de <i>Lean</i><br>Ferramentas <i>Lean</i>                                                                      | André Silva |
| 2                | Formação sobre os 5S                                                                    | Definição dos 5S<br>Aplicação da ferramenta nos postos de trabalho                                                       | André Silva |
| 3                | Formação sobre o <i>Standard Work</i>                                                   | Definição de <i>Standard Work</i><br>Envolvência dos colaboradores na uniformização das operações nos postos de trabalho | André Silva |

## 5.2 Implementação de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

No segmento 1 da empresa, relativo ao corte e pré-confeção, detetou-se elevado número de paragens devido a manutenção corretiva e trocas de ferramenta. Para esse efeito foi decidido implementar o indicador OEE não só para se poder fazer *benchmarking* com outras empresas do setor, mas sobretudo, para verificar quais dos indicadores do índice: disponibilidade, desempenho e qualidade são mais baixos, ou seja, quais devem sofrer alterações mais prioritárias.

Para ser possível a aplicação desta ferramenta foi necessário fazer um levantamento do número de setups e trocas de ferramenta, bem como o número de paragens por avaria nos quatro meses de estudo, explícitos no Anexo 5.

Para além destes dados foi necessário um estudo de tempos nas máquinas Komax Alpha 355 e 411 para descobrir um tempo de ciclo teórico para esta operação. Neste estudo baseado sobretudo em cronometragens, foram utilizadas duas variáveis para os dois modelos de máquina disponíveis para corte de fio, nomeadamente, o comprimento do fio e a secção do mesmo. Estas duas variáveis vão provocar diferentes tempos de corte e criar várias combinações estudadas e representadas no Anexo 6.

Com os ficheiros das sucatas e resultados mensais fornecidos pelo responsável do corte da empresa foi finalmente exequível o cálculo dos três indicadores do índice apresentados na seção 2.4.4.1.

### 5.2.1 Indicador disponibilidade

Após uma análise das folhas de registo da linha alvo de estudo, verificou-se que o tempo de paragens não planeadas correspondia a 15% do tempo total planeado de produção. Com a obtenção deste valor fez-se uma pesquisa mais detalhada para verificar qual era a percentagem de cada tipo de paragem não planeada que incidia sobre esses 15%. A Figura 34 mostra a percentagem associada a cada tipo de paragem não planeada.

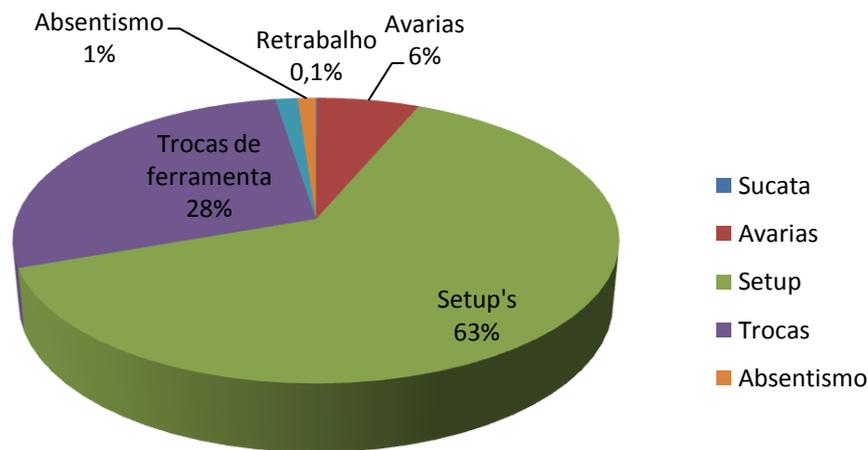


Figura 34 - Principais causas de paragem não planeada nas máquinas de corte

Pela observação da figura verifica-se que as maiores causas de perda de tempo estão associadas à troca de ferramentas (28%) e setup's efetuados (63%).

### 5.2.2 Indicador desempenho

Tal como foi referido anteriormente para o cálculo do índice de desempenho foi necessário recorrer a várias cronometragens. Foi possível verificar que o tempo de ciclo teórico apenas variava com o comprimento e secção do fio que alimentava a linha de máquinas. Após o agrupamento de dados e cálculo da percentagem de cada combinação de fios cortados, também disponíveis em Anexo 7 foi possível chegar ao valor de tempo ciclo teórico através da soma dos produtos de todos os meses em estudo, valor que se cifra em 0,025 minutos como pode ser observado na Tabela 12.

Tabela 12 - Cálculo do tempo de ciclo ideal nas máquinas de corte

|   |                                   | JAN   |        |         | FEV     |        |         |         |
|---|-----------------------------------|-------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
|   |                                   | TEMPO | FIOS   | % TOTAL | PRODUTO | FIOS   | % TOTAL | PRODUTO |
| 4 | 0.75 / 1 até 500 mm               | 2,1   | 397325 | 0,118   | 0,247   | 395887 | 0,116   | 0,244   |
|   | 0.75 / 1 de 500 até 1500 mm       | 2,487 | 480321 | 0,142   | 0,354   | 537476 | 0,159   | 0,396   |
|   | 0.75 / 1 de 1500 até 2500 mm      | 3,0   | 241647 | 0,072   | 0,215   | 270151 | 0,080   | 0,240   |
|   | 0.75 / 1 > 2500 mm                | 4,08  | 126109 | 0,037   | 0,152   | 125161 | 0,037   | 0,151   |
| 1 | 1.5 / 2 / 2.5 até 500 mm          | 2,1   | 67413  | 0,020   | 0,042   | 75538  | 0,022   | 0,047   |
|   | 1.5 / 2 / 2.5 de 500 até 1500 mm  | 2,125 | 109480 | 0,032   | 0,069   | 103813 | 0,031   | 0,065   |
|   | 1.5 / 2 / 2.5 de 1500 até 2500 mm | 3,3   | 45563  | 0,013   | 0,045   | 45400  | 0,013   | 0,044   |
|   | 1.5 / 2 / 2.5 > 2500 mm           | 4     | 49182  | 0,015   | 0,058   | 41590  | 0,012   | 0,049   |
| 1 | 3 / 4 / 4.5 até 500 mm            | 2,2   | 37817  | 0,011   | 0,025   | 81116  | 0,024   | 0,053   |
|   | 3 / 4 / 4.5 de 500 até 1500 mm    | 2,9   | 47028  | 0,014   | 0,040   | 49617  | 0,015   | 0,043   |
|   | 3 / 4 / 4.5 de 1500 até 2500 mm   | 4     | 27407  | 0,008   | 0,032   | 25112  | 0,007   | 0,030   |
|   | 3 / 4 / 4.5 > 2500 mm             | 4,25  | 8538   | 0,003   | 0,011   | 6367   | 0,002   | 0,008   |
| 3 | 0.75 / 1 até 500 mm               | 2,2   | 424276 | 0,126   | 0,276   | 378803 | 0,112   | 0,247   |
|   | 0.75 / 1 de 500 até 1500 mm       | 2,3   | 676946 | 0,200   | 0,461   | 629334 | 0,186   | 0,429   |
|   | 0.75 / 1 de 1500 até 2500 mm      | 2,5   | 297296 | 0,088   | 0,220   | 294669 | 0,087   | 0,218   |
|   | 0.75 / 1 > 2500 mm                | 3,15  | 188877 | 0,056   | 0,176   | 177741 | 0,053   | 0,166   |
| 5 | 1.5 / 2 / 2.5 até 500 mm          | 2,2   | 46324  | 0,014   | 0,030   | 49346  | 0,015   | 0,032   |
|   | 1.5 / 2 / 2.5 de 500 até 1500 mm  | 2,25  | 57980  | 0,017   | 0,039   | 59254  | 0,018   | 0,039   |
| 5 | 1.5 / 2 / 2.5 de 1500 até 2500 mm | 2,5   | 43127  | 0,013   | 0,032   | 39291  | 0,012   | 0,029   |
|   | 1.5 / 2 / 2.5 > 2500 mm           | 2,85  | 25011  | 0,007   | 0,021   | 26160  | 0,008   | 0,022   |
|   |                                   |       |        | Σ=      | 2,546   |        | Σ=      | 2,552   |
|   |                                   |       |        |         | 0,02546 |        |         | 0,02552 |

### 5.2.3 Indicador qualidade

Para se obterem os índices de qualidade para os meses em estudo, dividiu-se o número total de fios produzidos ou cortados pela quantidade de fios produzidos sem inconformidades, ou seja, conforme os parâmetros de qualidade exigidos. A partir dos registos dos totais de fios cortados e rejeitados foi possível demonstrar através da Tabela 13 os dados dos indicadores de qualidade para os meses em estudo.

Tabela 13 - Indicador de qualidade para os meses em estudo

|                          | Janeiro | Fevereiro | Março   | Abril   |
|--------------------------|---------|-----------|---------|---------|
| Total de fios cortados   | 3376343 | 3411826   | 3826420 | 3464945 |
| Total de fios rejeitados | 657     | 1241      | 1602    | 1420    |
| Índice de qualidade (%)  | 99,98   | 99,96     | 99,96   | 99,96   |

### 5.2.4 Índice Geral de eficiência

Após o cálculo dos três indicadores, foi permitido o cálculo do índice OEE mensal para janeiro, fevereiro, março e abril, representado na Tabela 14.

Tabela 14 - Índice geral de eficiência para os meses em análise

|           | Disponibilidade | Desempenho | Qualidade | OEE (%) |
|-----------|-----------------|------------|-----------|---------|
| Janeiro   | 0,2866          | 0,8979     | 0,9998    | 26      |
| Fevereiro | 0,3143          | 0,9441     | 0,9996    | 30      |
| Março     | 0,3173          | 0,9667     | 0,9995    | 31      |
| Abril     | 0,2917          | 0,8694     | 0,9995    | 25      |

Como se pode ver, o produto dos três índices, anteriormente obtidos, resulta na obtenção do OEE que tem o valor médio nos meses em estudo de 28%. Este valor corresponde então à eficiência geral da linha de máquinas de corte do segmento 1. Para este valor baixo contribui fortemente o indicador de disponibilidade, como se pode observar na Figura 35.

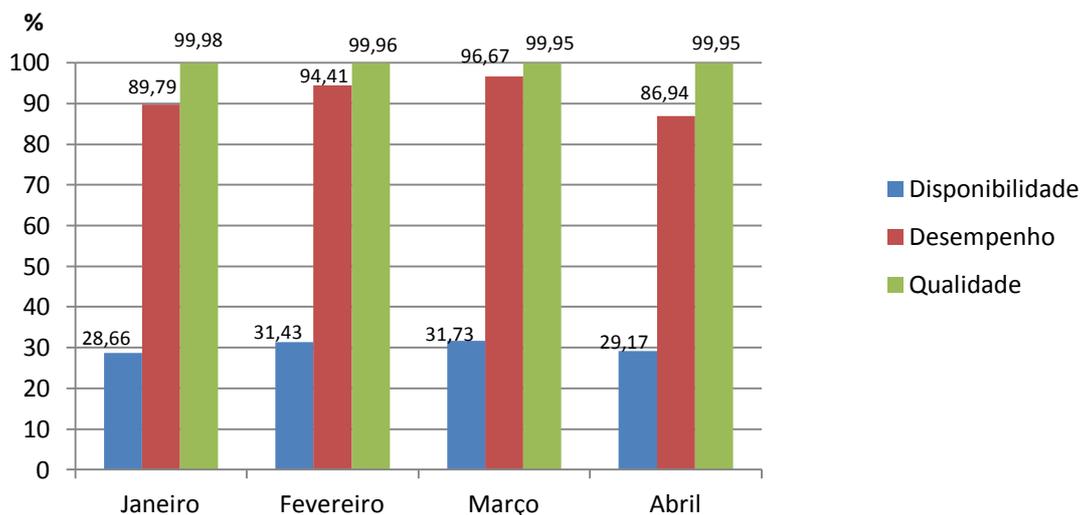


Figura 35 - Valores obtidos para os três indicadores do OEE nos meses em estudo

Para uma melhor interpretação dos dados é apresentado um gráfico com os valores mensais em comparação com os valores do *World Class* OEE (95%) e com os níveis de OEE médio para indústrias do setor de componentes automotivos (75%). A Figura 36 ilustra esse mesmo gráfico.

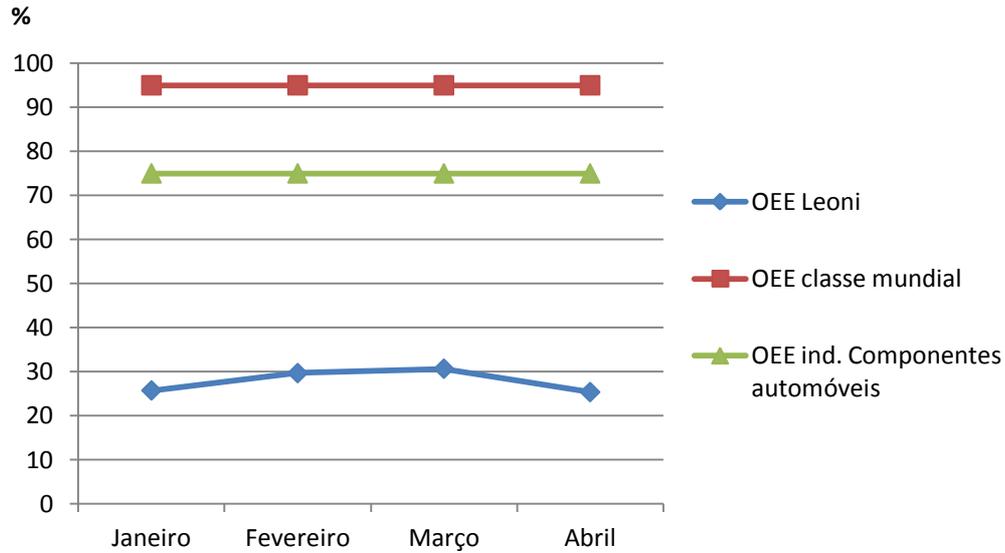


Figura 36 - Comparativo dos valores obtidos durante o estudo com os níveis de OEE de classe mundial e dos níveis médios para indústrias do mesmo setor produtivo

#### 5.2.5 Propostas no seguimento do cálculo do índice OEE

Após o cálculo dos valores de OEE torna-se mais fácil a análise às principais perdas do equipamento. Melhorar o índice de desempenho e o índice de disponibilidade, sem prejudicar o índice de qualidade, tornou-se na principal missão uma vez que esses representam as maiores fatias de desperdício analisados durante o estudo.

Com este objetivo em mente, foi realizada uma pesquisa intensiva ao nível das capacidades e características da máquina onde foi descoberto um novo componente que aplicado nos rolamentos das Komax Alpha faz aumentar a velocidade de entrada do fio na máquina. Estes componentes, designados por correias de alimentação e representados na Figura 37, em comparação com os rolamentos simples, têm melhores coeficientes de atrito e exercem uma menor pressão sobre a superfície da peça de trabalho.



Figura 37 - Correia de alimentação para os rolamentos da máquina Komax

Para além disso em determinada pressão de contato e torque estas correias geram uma força de avanço bastante superior aos rolamentos atuais. Na Figura 38 em baixo encontram-se representados os rolamentos sem correia de alimentação, como é utilizada atualmente, e do lado direito aparecem os mesmos rolamentos mas já com o componente adicionado para melhor visualização do mesmo.



Figura 38 - Correia de alimentação aplicada nos equipamentos de corte Komax

Assim dotando todas as máquinas Komax Alpha 355 e 411 com este componente seria possível reduzir o tempo de corte de todos os fios produzidos no segmento 1 deixando maior otimismo para o cálculo dos indicadores de desempenho dos próximos meses.

Para além disso, pretende-se aplicar o princípio do OEE visual, que passa pela apresentação em tempo real dos índices de produção, permitindo aos operadores e pessoal de manutenção responder a problemas muito mais rápida e adequadamente, que de outra maneira iriam reduzir a produtividade da empresa. Métricas visuais servem como um indicador e fornecem, em tempo real, uma motivação para todos na fábrica.

Assim com um ecrã como o que está representado na Figura 39 os dados de desempenho estão disponíveis em tempo real para todos os colaboradores - operadores, pessoal de manutenção, supervisores, gerentes. Segundo este princípio a informação do índice do OEE no relatório de amanhã não é tao útil como se fosse dado instantaneamente, assim ao receber dados em tempo real, as melhorias na produtividade tornar-se-iam mais rápidas e eficazes.



Figura 39 - Ecrã com informação relativa aos indicadores de desempenho disponíveis em tempo real

Logo, o OEE Visual trata-se de uma maneira simples e eficaz de dar capacidade aos operadores e pessoal da manutenção para entender e responder rapidamente aos problemas de produção (as Seis Grandes Perdas), permitindo monitorizar a atividade da fábrica em tempo real de qualquer lugar da mesma, automatizar a recolha de dados do processo, deixando mais tempo para a análise e melhoria do mesmo, e dando aos operadores mais tempo para operar de forma eficaz os equipamentos realizando melhorias imediatas na produtividade. Assim está a ser traçado um plano de implementação desta ferramenta, estando atualmente o *software* de gestão em fase de desenvolvimento pelo gabinete de engenharia informática da empresa.

### 5.3 Aplicação da ferramenta Single Minute Exchange of Dies (SMED)

Após o cálculo do OEE para o segmento 1 foi encontrada uma outra ferramenta capaz de fazer face as maiores causas de perda de tempo identificadas, nomeadamente *setup's* e trocas de ferramenta. A ferramenta (SMED) foi seleccionada por ser especializada em reduzir tempos de Setup. Para a implementar são necessários quatro estágios fundamentais. É importante referir que num *setup* pode não ser necessário troca de ferramenta, desde que o fio seja da mesma secção e o terminal seja também o mesmo do fio cortado anteriormente. Na Figura 40 a seguir representada encontra-se uma das máquinas de corte, ou seja, a área de estudo para aplicação da ferramenta SMED e nas secções seguintes a aplicação dos 4 estágios.

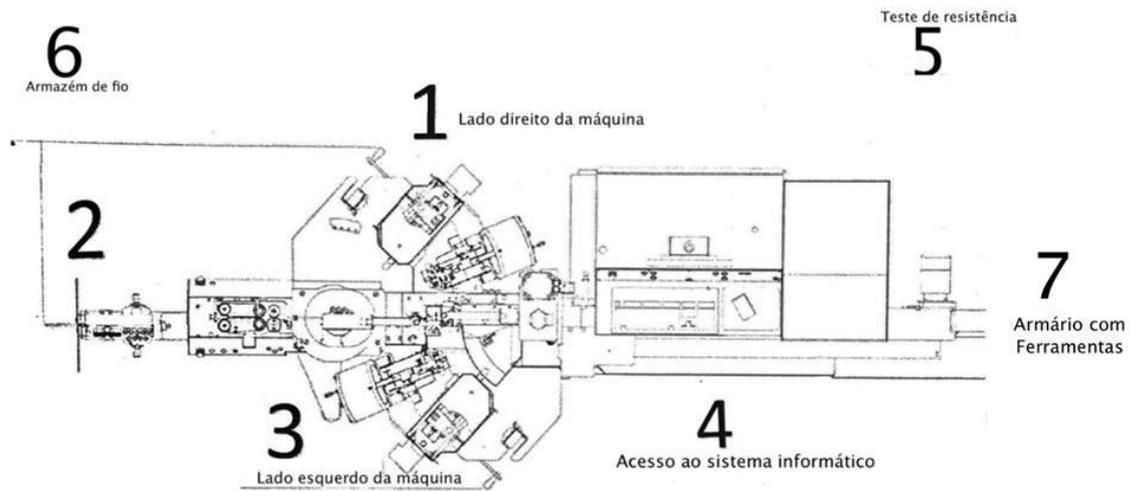


Figura 40 - Layout máquina de corte

### 5.3.1 Observação e classificação das atividades

Sempre fruto de observações minuciosas e de um conflito positivo entre os intervenientes no projeto de melhoria conseguiu-se obter uma descrição detalhada das sequências operativas no Setup do corte representada na Tabela 15.

Tabela 15 - Sequência de operações no setup da máquina Komax Alpha

| Operações | Descrição das operações                                                                                                                                | Local |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1ª        | Abrir a carta informativa do componente a produzir                                                                                                     | 4     |
| 2ª        | Preparar as ferramentas e bobines dos terminais                                                                                                        | 7     |
| 3ª        | Retirar a ferramenta do lado esquerdo que está na máquina                                                                                              | 3     |
| 4ª        | Colocar nova ferramenta e bobine do lado esquerdo da máquina                                                                                           | 3     |
| 5ª        | Retirar fio da máquina e recolher o próximo fio necessário da estante                                                                                  | 6     |
| 6ª        | Realizar teste de resistência do novo fio                                                                                                              | 5     |
| 7ª        | Colocar novo fio na máquina                                                                                                                            | 6     |
| 8ª        | Retirar a ferramenta e bobine do lado direito da máquina                                                                                               | 1     |
| 9ª        | Colocar nova ferramenta e bobine de terminais do lado direito da máquina                                                                               | 1     |
| 10ª       | Verificação dos valores de diâmetro do cobre e do vedante do novo fio e conferir com valores desejados. Registrando de seguida no sistema informático. | 4     |
| 11ª       | Colocar a máquina a trabalhar                                                                                                                          | 4     |
| 12ª       | Arrumar as ferramentas e Bobines anteriores.                                                                                                           | 7     |

### 5.3.2 Separação das atividades externas das internas

Esta fase corresponde à organização das atividades, classificando-as e separando-as como Setup interno e externo, cuja representação se encontra na Tabela 16.

Tabela 16 - Separação das operações de setup em externo e interno

ático.

### 5.3.3 Conversão de setup's internos em externos

Nesta fase foi possível identificar alguns passos que poderiam ser realizados com a máquina em curso, Figura 41. Os passos identificados foram: o passo 6 (realizar teste de resistência do novo fio) e o passo 10 (verificação dos valores de diâmetro do cobre e do vedante do novo fio e conferir com valores desejados, registando de seguida no sistema informático).

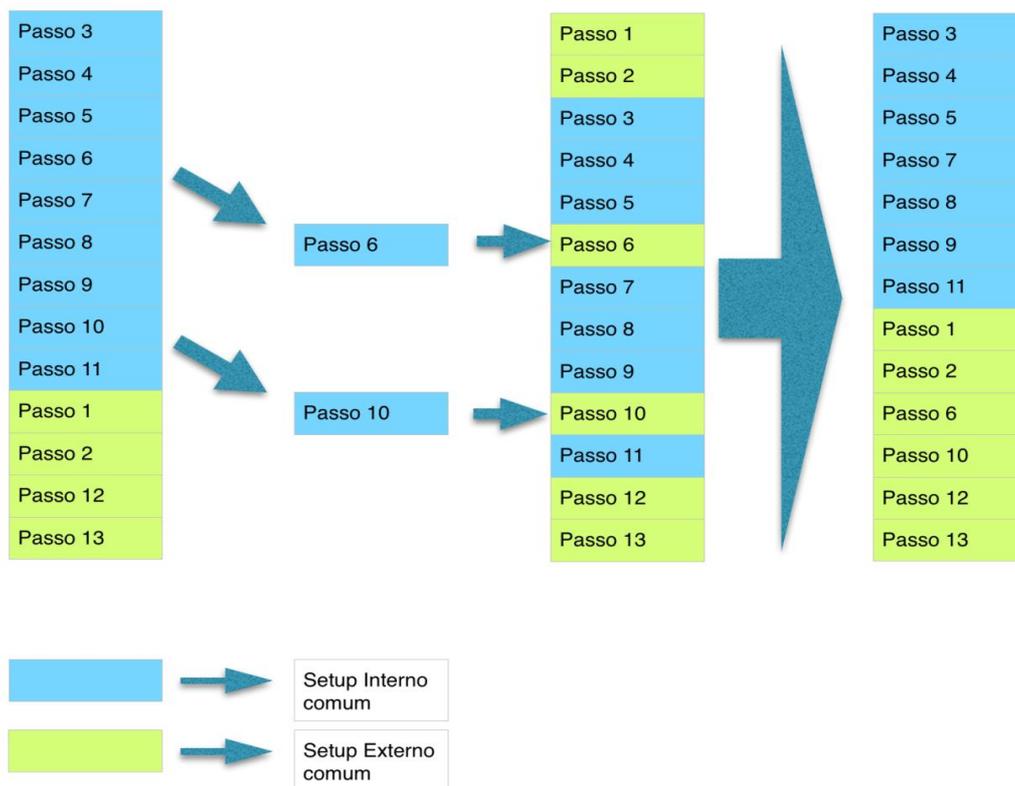


Figura 41- Conversão de setups internos em externos

Considerou-se que o ideal seria realocar estas duas etapas em que a máquina está parada para fazer avaliações da qualidade do fio sempre para o momento da chegada do fio ao armazém. Desta forma, como se verifica na Figura 42, é possível atingir uma poupança média de 57 segundos por cada *Setup*, além de se garantir que não existem paragens de máquinas do corte devido à não conformidade do fio.

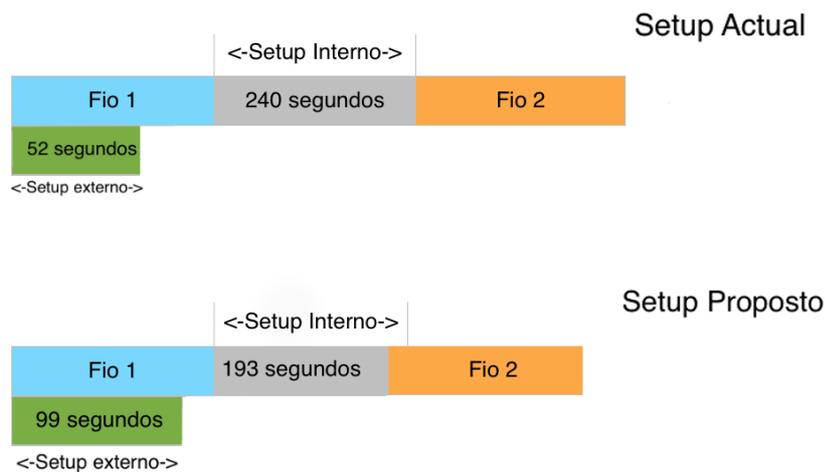


Figura 42- Poupança em segundos entre o setup atual e o setup proposto

#### 5.3.4 Melhoria do sistema de operações

Nesta fase propôs-se promover juntamente com os trabalhadores a uniformização destes tempos padrão e apoiar reuniões e conversações entre os funcionários pois acredita-se que na área empresarial em estudo é urgente motivar equipas e fomentar o espírito de cooperação e entreaajuda entre os colaboradores, e assim, valorizarem-se os recursos existentes na empresa.

Propôs-se uma alteração à etapa 5 do Setup que permitiria uma pequena redução dos tempos não produtivos do operador. Para tal, este apenas teria de fazer uma pré-visualização da carta informativa disponibilizada pelo sistema informático e enquanto o fio A está a ser cortado o operário teria a oportunidade de se deslocar para o armazém e recolher o próximo fio a entrar na máquina. Com esta pequena alteração existiria uma poupança de aproximadamente 10 segundos por *Setup* libertando os funcionários para outras tarefas.

Após a conclusão da aplicação da ferramenta SMED e com a informação recolhida anteriormente foi possível quantificar os resultados, Tabela 17. A ocupação semanal das máquinas perfaz um total médio de 1568 horas compostas por 14 turnos de 8 horas e durante esse tempo são realizados em média 2309 *setups*, sendo o tempo médio de Setup de 4,86 minutos. Com a aplicação da metodologia acima descrita é possível reduzir este tempo em 57 segundos por Setup, ou seja, multiplicando esta poupança pelos 2309 *setups* médios semanais poder-se-ia obter uma poupança média de 131613 segundos, cerca de 36 horas semanais.

Tabela 17 - Poupanças relativas à aplicação do novo setup proposto para as máquinas de corte

|                        | Semana | Mês  | Ano   |
|------------------------|--------|------|-------|
| Setup atual (horas)    | 112    | 484  | 5152  |
| Setup Proposto (horas) | 76     | 304  | 3496  |
| Poupança (horas)       | 36     | 180  | 1656  |
| Poupança (euros)       | 228    | 1440 | 13248 |

## 5.4 Realização de FMEA para as maiores causas de falha verificadas no Segmento 1

Ainda no segmento 1 da empresa e após análise aos dados da zona de reparações nos meses em estudo foi decidido realizar uma análise de causa e efeito das falhas provocadas pela linha de máquinas deste segmento. A ferramenta escolhida consiste basicamente na sistematização de um grupo de atividades com o objetivo de deteção de possíveis falhas e avaliar os efeitos das mesmas para o processo. A partir dessas mesmas falhas são identificadas ações a serem tomadas com o intuito de eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrerem.

Deste modo foi obtida uma lista das possíveis falhas organizada por ordem de risco que elas representam, bem como, as ações recomendadas para as mitigar. Por uma questão de espaço, a Tabela 18 apenas apresenta uma parte do FMEA realizado para os erros de impressão no fio, encontrando-se disponível no Anexo 8 todos os FMEA realizados.

Tabela 18 - Parte do FMEA realizado em relação aos possíveis problemas nos fios

| FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS        |                  |   |                                                |                                            |                                                               |                                                     |     |                                                        |                                                                                  |
|------------------------------------------|------------------|---|------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Item:                                    | Máquina de corte |   |                                                |                                            | Responsável                                                   | André Silva                                         |     |                                                        | FMEA número:                                                                     |
| Modelo:                                  | Kamas Alpha      |   |                                                |                                            | Realizada por:                                                | André Silva                                         |     |                                                        | Pág:                                                                             |
|                                          |                  |   |                                                |                                            |                                                               |                                                     |     |                                                        | FMEA Data:                                                                       |
| Processo                                 | Modo de falha    | S | Potenciais causas                              | O                                          | Controlo atual                                                |                                                     | D   | RPN                                                    | Ações recomendadas                                                               |
|                                          |                  |   |                                                |                                            | Prevenção                                                     | Deteção                                             |     |                                                        |                                                                                  |
| Fio                                      | impressão errada | 3 | informação errada fornecida pelo cliente       | 2                                          | verificação manual dos desenhos do cliente                    | Verificar o desenho antes de o libertar             | 7   | 126                                                    | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                           |
|                                          |                  |   |                                                |                                            | Análise dos erros reportados                                  | Análise da impressão feita pelo segmento protótipos |     |                                                        | Política de duas observações por dois funcionários diferentes [Política 4 olhos] |
|                                          |                  |   |                                                |                                            |                                                               | Comparação da informação fornecida pelo cliente     |     |                                                        | Macros para tratamento de informação no excell                                   |
|                                          |                  |   | Introdução manual errada na lista de materiais | 2                                          | verificação manual dos desenhos do cliente                    | Verificar o desenho antes de o libertar             | 7   | 126                                                    | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                           |
|                                          |                  |   |                                                |                                            | Análise dos erros reportados                                  | Análise da impressão feita pelo segmento protótipos |     |                                                        | Política 4 olhos                                                                 |
|                                          |                  |   |                                                |                                            |                                                               | Comparação da informação fornecida pelo cliente     |     |                                                        |                                                                                  |
|                                          | fio errado       | 3 | informação errada fornecida pelo cliente       | 3                                          | Verificação manual dos desenhos do cliente                    | Verificar o desenho antes de o libertar             | 7   | 189                                                    | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                           |
|                                          |                  |   |                                                |                                            | Análise dos erros reportados                                  | Análise da impressão feita pelo segmento protótipos |     |                                                        | Política 4 olhos                                                                 |
|                                          |                  |   |                                                |                                            |                                                               | Comparação da informação fornecida pelo cliente     |     |                                                        |                                                                                  |
|                                          |                  |   | Introdução manual errada na lista de materiais | 3                                          | Verificação manual dos desenhos do cliente                    | Verificar o desenho antes de o libertar             | 7   | 189                                                    | Política 4 olhos                                                                 |
|                                          |                  |   |                                                |                                            | Análise dos erros reportados                                  | Análise da impressão feita pelo segmento protótipos |     |                                                        | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                           |
|                                          |                  |   |                                                |                                            |                                                               | Comparação da informação fornecida pelo cliente     |     |                                                        |                                                                                  |
| informação errada fornecida pelo cliente | 3                |   | 3                                              | Verificação manual dos desenhos do cliente | A base de dados informa se o terminal e seal não é o adequado | 7                                                   | 210 | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes |                                                                                  |
|                                          |                  |   |                                                | Análise dos erros reportados               | Verificação do desenho antes da sua libertação                |                                                     |     | Política 4 olhos                                       |                                                                                  |

## 5.5 Redimensionamento das estantes de componentes das linhas de montagem

Como já foi referido anteriormente, a empresa continua a utilizar as mesmas estantes de componentes, fios, tubos e conetores, desde que iniciou atividade, em 1991. Apesar de ser consensual que é necessário existir uma alteração significativa nas mesmas, por necessidade dos componentes mais atuais, quer também pelo volume atual das encomendas, ainda não foi redesenhada nenhuma estrutura mais atualizada. Na Figura 43 encontra-se representado o novo projeto para a estante de componentes.

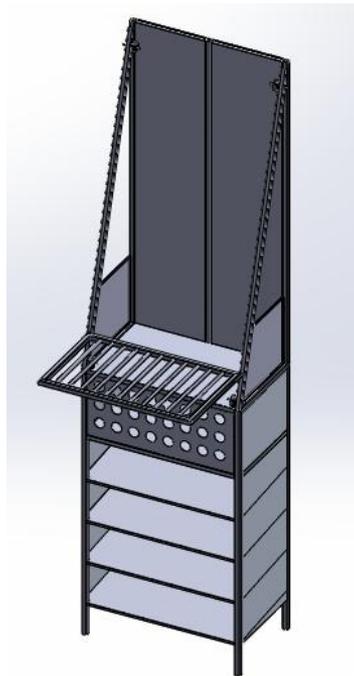


Figura 43 - Nova estante de componentes para as linhas de montagem

Uma das grandes vantagens da nova estante é precisamente a redução nos tempos de abastecimento, pois atualmente a abastecedora tem de recorrer a uma forquilha de 2 metros para conseguir colocar os fios na parte superior da estante enquanto que com a nova estrutura basta inserir os fios nas cavidades e puxar a corda, que através de um sistema de roldanas elevará os fios até à posição desejada.

Outra grande vantagem no abastecimento da nova estante prende-se pela colocação de componentes pelo lado de fora da estante, ou seja, a abastecedora não tem que andar pelo meio da linha de montagem para carregar os componentes pois a estante está preparada para receber qualquer componente pela parte de trás.

Apesar de um dos obstáculos ao novo projeto ser precisamente não ultrapassar as dimensões das estantes atualmente utilizadas foi possível otimizar o espaço para receber fio e assim

conseguiu-se duplicar a quantidade de espaços (caleiros) para estender os vários fios de que a colaboradora irá precisar.

## 5.6 Propostas para o posto de teste elétrico

Após a tomada de conhecimento dos problemas identificados no capítulo anterior, neste posto de trabalho foi decidido realizar um estudo mais aprofundado na tentativa de perceber as razões de estrangulamento neste posto.

### 5.6.1 Otimização do teste elétrico

Através de observações e análise às operações que os colaboradores de teste realizavam no seu posto foi possível fazer uma divisão do seu trabalho em 5 fases caso se trate de uma referência VOLVO ou 4 fases no caso de ser uma cablagem de qualquer outro cliente.

No esquema da Figura 44 é possível observar a inclusão de uma nova fase no teste da VOLVO que consiste na leitura de etiquetas dos conectores e dos respetivos módulos da mesa onde eles vão ser conectados.

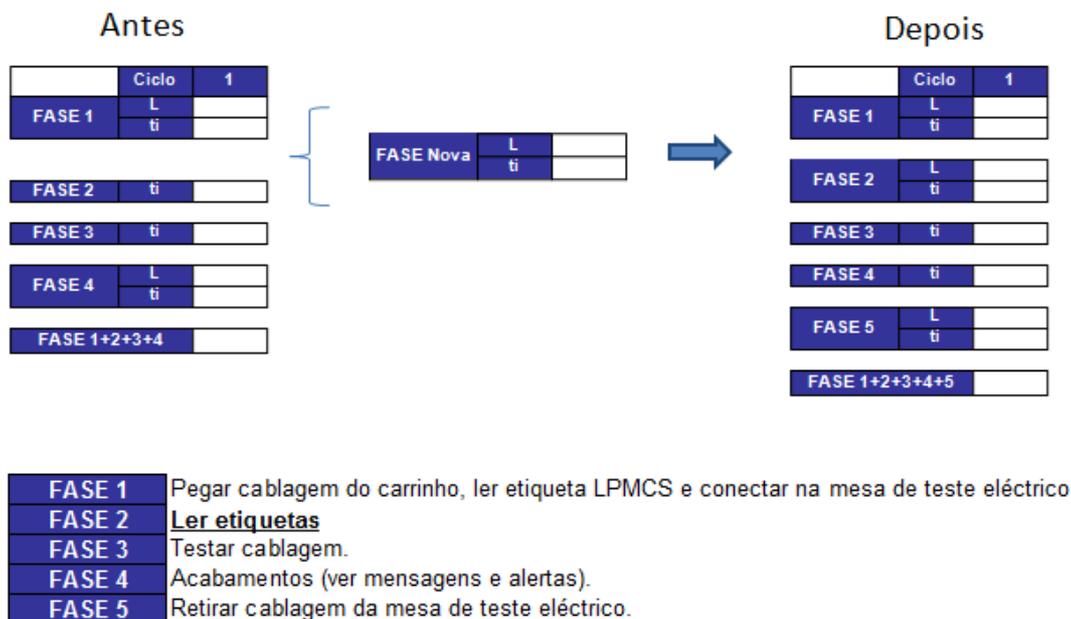


Figura 44 - Inclusão da fase "ler etiquetas" no teste elétrico da VOLVO

#### 5.6.1.1 1ª fase do teste

Na 1ª fase o operador devia apenas retirar a cablagem do carrinho de teste e inseri-la nos módulos da mesa de teste, no entanto foi possível observar que existe um vasto número de clips e contra peças que têm de ser retirados pelo operador de teste antes de inserir os conectores nos respetivos módulos. Posto isto foi decidido efetuar uma listagem de todos estes

componentes e alocá-los apenas à operadora de teste, desta maneira, é possível não só eliminar o tempo que a operadora de teste perde em retirar estes componentes mas também é possível reduzir os tempos de posto das operadoras da linha de montagem onde estes componentes se encontram alocados atualmente.

Ainda nesta primeira fase foi possível verificar que não existia uma sequência definida para o teste, sendo a própria operadora de teste que escolhia a sequência das referências que ia testar, normalmente optando por testar uma referência toda seguida por questões de memorização dos módulos onde vai conectar.

Tendo isto em consideração foi decidido agilizar a sequência com a aplicação da metodologia FIFO, ou seja, garantindo que a primeira cablagem a chegar ao carrinho é a primeira a ser testada no posto de teste elétrico. Com esta modificação, que exigirá uma adaptação dos atuais carrinhos de teste, acredita-se que o tempo de espera das referências será diminuído e também que todas as referências tendem a ser atendidas, evitando cablagens perdidas ou esquecidas. É de salientar também que apesar da aplicação da metodologia, em situações de atraso ou de ação especial pedida pelo cliente, é possível ser-se mais flexível no sequenciamento das referências.

#### **5.6.1.2 2ª fase do teste**

Na segunda fase, exclusiva do cliente VOLVO, que consiste na leitura de etiquetas, foi possível observar que a operadora de teste perdia muito tempo a colocar etiquetas que deviam ter sido colocadas pela operadora de linha de montagem. Para assegurar a eliminação deste problema foi sugerido que enquanto as cablagens estivessem no carrinho, a aguardar o teste, fossem inspecionadas pelos controladores de qualidade, garantindo que todas as etiquetas fossem colocadas nos conetores. Com esta sugestão eliminar-se-ia o tempo perdido pela operadora de teste na procura e colocação de etiquetas nos conetores.

#### **5.6.1.3 3ª fase do teste**

Na terceira fase, onde era realmente feita a inspeção à cablagem e onde eram corrigidas as eventuais anomalias, foi possível verificar que quando os tempos eram ultrapassados, na grande maioria das vezes, eram provocados pelas trocas de polos que a operadora de teste tinha de desfazer. Nesta fase sugeriu-se que a operadora de teste tivesse o cuidado de analisar com pormenor as primeiras referências a serem testadas para que, se existissem defeitos ou erros de série, fosse possível eliminá-los e avisar a operadora de linha de montagem para corrigir aquilo que estava a fazer mal e não perpetuar o erro até ao fim do lote.

Para além disso, e para ajudar a reduzir o número de trocas que a operadora de teste tinha de desfazer sugeriu-se que todas as cavidades dos conetores maiores (>12 polos) que não tivessem de receber fio tivessem um plug. Esta medida provocaria uma sobrecarga nos pré-blocos da linha, no entanto, acredita-se que seria possível reduzir o número de trocas para metade, e tendo em conta que 50% dos erros detetados em teste eram provocados por troca de polos, seria uma medida vantajosa para reduzir o estrangulamento verificado neste posto.

#### **5.6.1.4 4ª fase do teste**

Na quarta fase, que consistia na verificação de mensagens e acabamentos, foi detetado um vasto número de operações e mensagens que não foram consideradas nas cotações de teste das cablagens. Para colmatar esta falha foi realizado um trabalho de cotações juntamente com os serviços técnicos da LP, ilustrado no Anexo 9, com o objetivo de acrescentar os tempos obtidos às cotações totais da cablagem e em futuras alterações técnicas ver o seu preço renegociado com os clientes.

Para além disso, nesta fase, verificou-se também que a sequência de mensagens poderia ser melhor gerida. Por exemplo, numa das referências da VOLVO aparece a seguinte mensagem no *software*: “escrever I com caneta cinza no conetor 415381350” e devia estar seguida de uma outra mensagem, que atualmente estão espaçadas, “escrever H com caneta cinza no conetor 410320350” aproveitando o fato de a operadora estar já com a caneta na mão devido à mensagem anterior. Ou seja, deviam ser analisadas todas as mensagens que apareciam no *software* garantindo que mensagens similares estivessem agrupadas, pois mesmo em situações menos evidentes como a colocação de clips e contra peças seria vantajoso aparecerem agrupadas ou todas seguidas.

#### **5.6.1.5 5ª fase do teste**

Na última fase, que consistia em retirar a cablagem da mesa de teste, e que apenas deveria demorar alguns segundos, foi possível verificar que a operadora perdia ainda muito tempo a refazer algumas bandagens mal feitas da linha e a cortar abraçadeiras que deviam chegar ao posto previamente cortadas.

Para colmatar esta situação foi proposto que fossem os controladores de qualidade com o auxílio dos supervisores a garantir que as bandagens estejam bem-feitas e que nenhuma abraçadeira esteja por cortar. Assim sendo, os controladores de qualidade e supervisores encarregar-se-iam de corrigir as bandagens, cortar o excedente das abraçadeiras e também

garantir a colocação de todas as etiquetas nos conetores (no caso de ser uma referência do cliente VOLVO).

Com esta proposta para além de reduzir tempos improdutivos no posto de teste elétrico seria uma boa forma de responsabilizar os controladores e supervisores pela qualidade das cablagens que saem das suas linhas.

#### 5.6.2 Supermercados no teste elétrico

A criação de unidades de acondicionamento de componentes é crucial para a redução de tempos no posto de teste elétrico. De acordo com a otimização proposta na secção anterior seria muito vantajoso criar um mecanismo de controlo eficaz e também de fácil compreensão para a reposição de componentes.

Desta maneira é proposta a utilização de um sistema de controlo *two-bin-system* associado a um supermercado fixo em cada mesa de teste elétrico. Tal como o próprio nome indica este sistema utiliza duas caixas, sobrepostas, em que cada uma contém a mesma quantidade do mesmo componente. Neste sistema o material é apenas consumido de uma das caixas, e quando uma destas se encontrar vazia é enviado um sinal para o colaborador de armazém para o informar que é necessário repor determinado componente. No caso da Leoni seria ideal a colocação de um cartão com um código de barras em cada caixa, e após o consumo do último componente, a operadora de teste faria uma leitura do código de barras com a pistola, informando no armazém qual o componente a repor.

Desta maneira os operadores teriam sempre os componentes que desejavam sem nunca comprometer o seu trabalho nem desperdício de tempo em deslocações, pois enquanto uma das caixas estiver vazia, a outra estará sempre disponível e, enquanto vai sendo utilizada, o colaborador do armazém fará a reposição do material em falta.

A atual localização das mesas de teste elétrico, após a linha de montagem facilitaria a introdução da proposta de supermercados de posto, podendo um supermercado servir todas as mesas de teste alocadas a cada linha, ou então, alternativamente, um supermercado, mais específico para cada cliente, para cada mesa de teste elétrico.

Esta proposta eliminaria deslocações dos operadores de teste e facilitaria a procura de componentes que até agora se encontram todos misturados em apenas uma caixa junto ao posto de teste elétrico.

## 5.7 Propostas para o segmento de Protótipos e Amostras

Por último são apresentadas as propostas destinadas a melhorar o sistema de operações no segmento onde se realizou maioritariamente o projeto, designadamente o segmento Protótipos e Amostras.

### 5.7.1 Alteração do Layout produtivo do segmento

De acordo com os problemas identificados no capítulo anterior foram sugeridas duas grandes alterações ao layout produtivo do segmento dos Protótipos e Amostras: alteração da posição da mesa do teste elétrico e da orientação dos cavaletes. Adicionalmente, propôs-se uma nova forma para guardar mapas e um plano de manutenção para a linha 2780.

#### 5.7.1.1 Alteração da posição da mesa de teste elétrico

Atualmente, o posicionamento da mesa de teste elétrico obriga a uma grande distância percorrida pela abastecedora desde o final da linha de montagem até à mesa de teste elétrico no piso superior à cave. Para além do trajeto descrito na Figura 45, entre os pontos assinalados a vermelho, a abastecedora ainda tem de esperar pelo elevador de cargas para transportar os cabos da cave para a zona de produção.

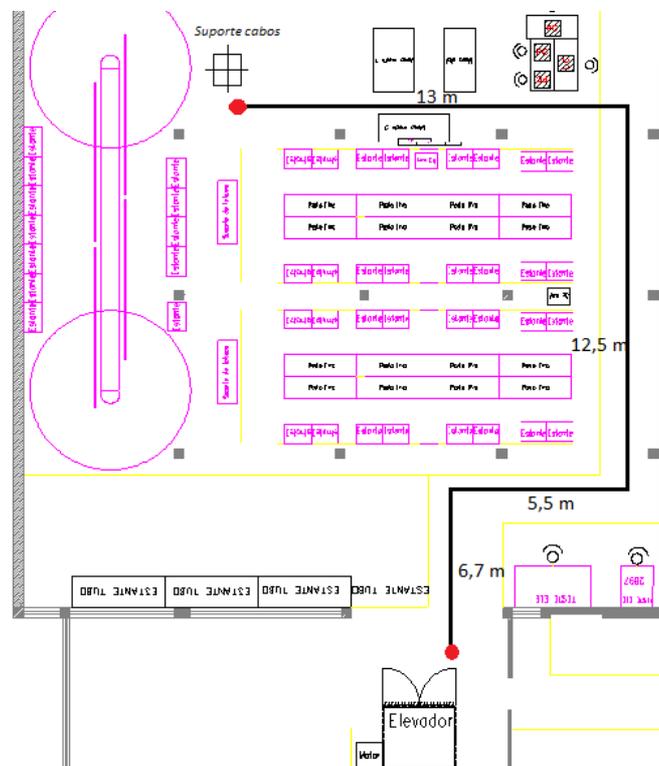


Figura 45 - Percurso desde o final da linha de montagem até à máquina de teste elétrico

Este trajeto é percorrido pela abastecedora sempre que o carrinho de final de montagem se encontra com mais de quatro cablagens prontas para teste, ou seja, cerca de 30 vezes por turno.

Após medições ao trajeto percorrido, que totaliza 75,4 metros, e cronometragens ao tempo de subida do elevador de cargas, nomeadamente 26,5 segundos, permitiu conhecer o tempo total por turno que é utilizado neste trajeto, partindo do valor de 1,3 m/segundos, velocidade de deslocação da abastecedora, também obtido por cronometragem.

Conhecido então o tempo total por turno que é utilizado pela abastecedora neste trajeto, 75,51 min, foi sugerida uma alteração que consiste na movimentação da mesa de teste para a cave e colocá-la imediatamente a seguir à linha de montagem, do lado de saída das cablagens, tal como sugere a Figura 46.

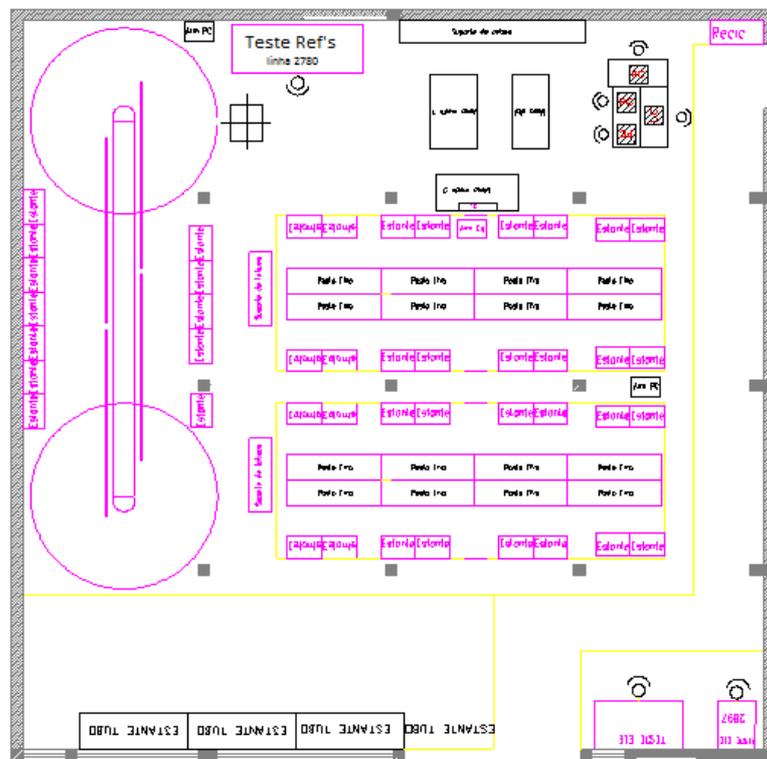


Figura 46 – Mesa de teste elétrico junto ao suporte das referências produzidas na linha 2780

Com esta alteração seria possível eliminar todo aquele trajeto, e o seu tempo associado, pois o último posto da linha poderia colocar a cablagem no carrinho do teste elétrico imediatamente após a sua produção. Assim, a abastecedora ficaria com mais tempo para efetuar outras tarefas e com esta alteração seria possível começar a aplicar a metodologia FIFO logo após a montagem.

### 5.7.1.2 Alteração da orientação dos cavaletes de montagem dos Protótipos

Durante o estágio também foram sentidas algumas dificuldades a nível de controlo visual e comunicação com os colaboradores dos protótipos e amostras. Essa dificuldade surgiu precisamente devido à orientação dos cavaletes, que apenas permitiam visualizar e comunicar sem dificuldade com as operadoras que se encontrem no primeiro flanco, tal como sugere a Figura 47.

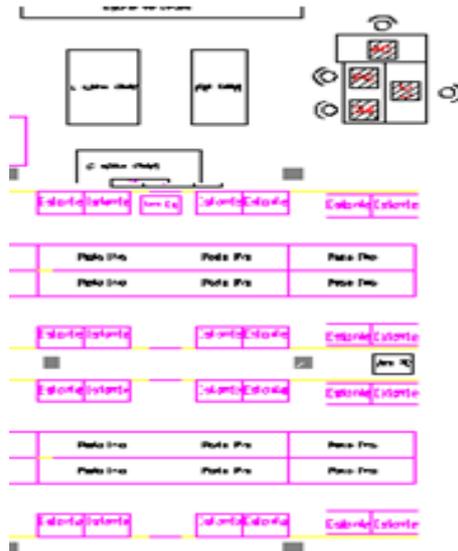


Figura 47 - Atual disposição dos cavaletes de montagem no segmento 7

Então, e aproveitando a proposta das novas estantes de componentes já referida na secção anterior, seria possível alterar a orientação dos cavaletes como mostra a Figura 48.

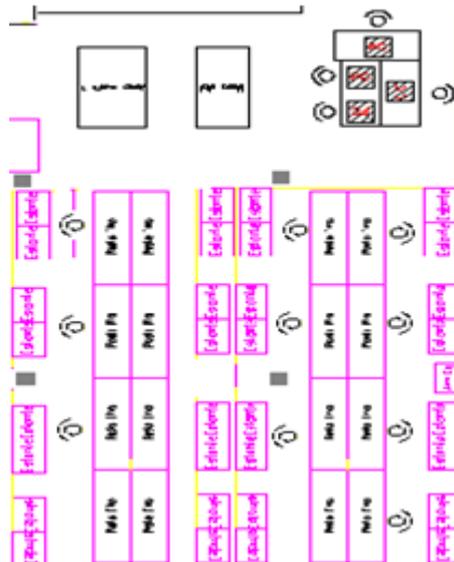


Figura 48 - Alteração da orientação dos cavaletes de montagem no segmento 7

Com esta segunda proposta seriam colmatadas as dificuldades sentidas, quer a nível de controlo visual dos colaboradores como de comunicação com os mesmos.

### 5.7.2 Desenho de um novo guarda-mapas

Os mapas com os desenhos técnicos para colocar nas linhas de montagem e cavaletes fixos que contêm indicações e informação relativa à montagem dos componentes eram guardados, enrolados, como sugeria na Figura 32 apresentada na secção 4.3.5.4.

Para colmatar esta falha de organização, decidiu-se projetar um novo guarda-mapas que, para além de dividir as referências por cliente, mantivesse a forma dos mapas facilitando a sua procura, da mesma forma que se procura um póster em lojas da especialidade, tal como se pode observar na Figura 49.

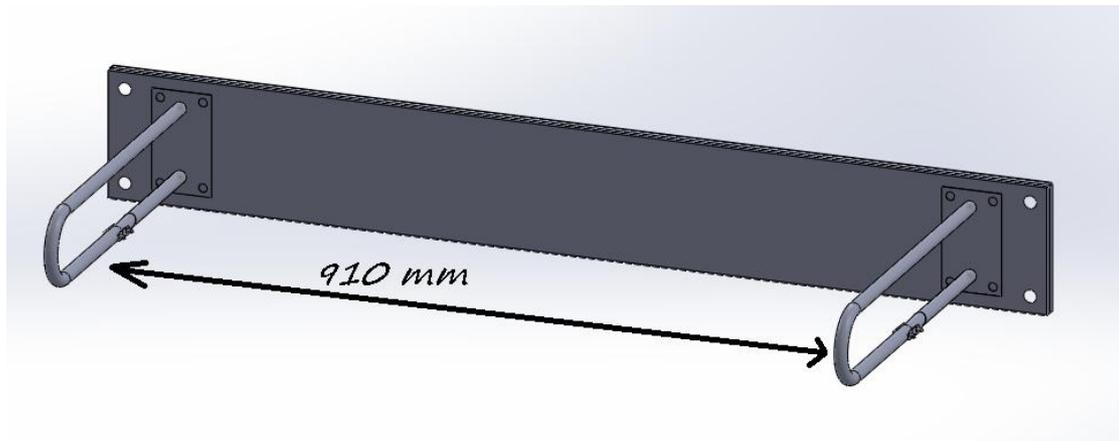


Figura 49 - Desenho do novo guarda-mapas

Os mapas encontravam-se na vertical pois a largura utilizada pela empresa é sempre a mesma (910 mm), ao contrário do comprimento que pode variar consoante seja uma cablagem grande ou mais pequena. Para além disso, na vertical, a utilização de espaço é menor, oferecendo capacidade para mais clientes no mesmo espaço.

Outra característica de relevo neste guarda-mapas consistiu na utilização de uma espécie de mosquetão que permite retirar o mapa sem dificuldade, ou seja, escolhido o mapa a retirar apenas se tem de executar pressão para baixo que a alavanca cede e o mapa sai da estrutura. Com isto poupa-se muito tempo de procura.

### 5.7.3 Plano de manutenção para linha 2780

Ainda no segmento 7-Protótipos e Amostras identificou-se que a linha de montagem Rotary LIRTPB0007, descrita na secção 4.3.5.1, composta por quatro carrinhos, pelo seu motor rotativo e respetivo potenciómetro, ou regulador de velocidade, apresentava em alturas

distintas do dia, tempos de volta dos carrinhos bastante diferentes para igual velocidade no regulador.

Tendo descoberto as duas deficiências no plano de manutenção apresentadas na secção 4.3.5.1 procedeu-se a uma intervenção na máquina, na qual foram retiradas as correntes para serem lavadas e, após secagem, serem depois lubrificadas com a massa lubrificante. Ao mesmo tempo fez-se uma limpeza em toda a extensão das guias com um pano de limpeza anti estático e posteriormente disparou-se ar comprimido na tentativa de remover algumas porosidades que foram identificadas.

Após a conclusão da intervenção constatou-se que a presença de porosidades nos guias e o excesso de massa lubrificante já algo ressequida nas correntes obrigava a um maior esforço do motor durante o período de arranque apenas colmatado de forma gradual após as primeiras três a quatro voltas. Estas conclusões foram tiradas apenas por observação direta no entanto nas semanas após a intervenção foram suportadas por um novo estudo de tempos, exatamente nas mesmas condições que o anterior mas desta vez com a máquina bem lubrificada e com a calha revista.

Este estudo permitiu observar que a diferença de tempos da parte da manhã para a parte da tarde tinha sido praticamente eliminada, confirmando as expectativas, no entanto os tempos retirados na parte da manhã continuavam um pouco superiores.

Após novo contato com o Eng<sup>o</sup>. Pedro Moura, e explicados os procedimentos anteriores, foi aconselhado realizar uma primeira volta com uma velocidade superior a 25 no potenciómetro, apesar de ter garantido que o motor não necessitava de período de aquecimento. Além disso o engenheiro considera que pelo fato de a LEONI utilizar velocidades bastante baixas no regulador, em comparação com outros clientes de outros setores, também podia ser um fator relevante na diferença de tempos observada no arranque da linha.

Estes conhecimentos foram partilhados com os departamentos de manutenção e produção e foi apresentado um novo plano de manutenção para o carrossel Rotary LIRTPB0007 já com as alterações no que toca à lavagem e lubrificação da corrente e da limpeza das guias tubulares, onde anteriormente apenas era feita uma verificação superficial de três em três meses e agora passa a ser uma limpeza em toda a sua extensão e de periodicidade mensal, como mostra a Tabela 19 em baixo.

Tabela 19 - Novo plano de manutenção proposto para a linha 2780

| Mensal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Trimestral                                                                                                                          | Anual                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar os elos e substituir caso necessário</li> <li>• Verificar a fixação dos caleiros e a não existência de rebarbas</li> <li>• Verificar o bom estado dos desenroladores de fita e lâminas</li> <li>• Reapertar os parafusos das forquetas</li> <li>• Lubrificar a corrente e rodas dentadas</li> <li>• Limpar as guias tubulares das linhas e substituir as danificadas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelar e alinhar a linha</li> <li>• Ajustar a corrente do motor e cremalheiras</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir rolamentos das roldanas dos carrinhos da linha</li> <li>• Substituir rolamentos do motor</li> <li>• Substituir ajustes de <i>Nylon</i> da corrente</li> <li>• Lavar e aplicar massa lubrificante nas correntes do motor após secagem das mesmas</li> </ul> |

#### 5.7.4 Protótipo para inserção automática de fios através de guia

O cabo 6690 é uma das referências produzidas para a divisão F series da Caterpillar e para a qual foi realizado o VSM de estado atual. Este cabo tem um processo produtivo bastante simples visto que só tem 2 fios que conectam ambos no mesmo conector, sendo que a outra ponteira são dois olhais que vão ser conectados no propulsor da máquina da CAT.

Assim atendendo ao estudo realizado na secção 4.3.5.2. decidiu-se idealizar uma máquina que contornasse esta situação que tem diminuído a margem de lucro da empresa.

O aparelho pretendido teria de ser bastante simples e, claro, barato. Para fazer face a estas exigências foi feito um esboço de um protótipo de máquina que permitisse fazer a inserção do guia automaticamente, ou seja, sem precisar de ajuda de outro colaborador. O protótipo está a ser analisado pelo departamento de custos da empresa e terá um aspeto semelhante ao da Figura 50 a seguir representada.

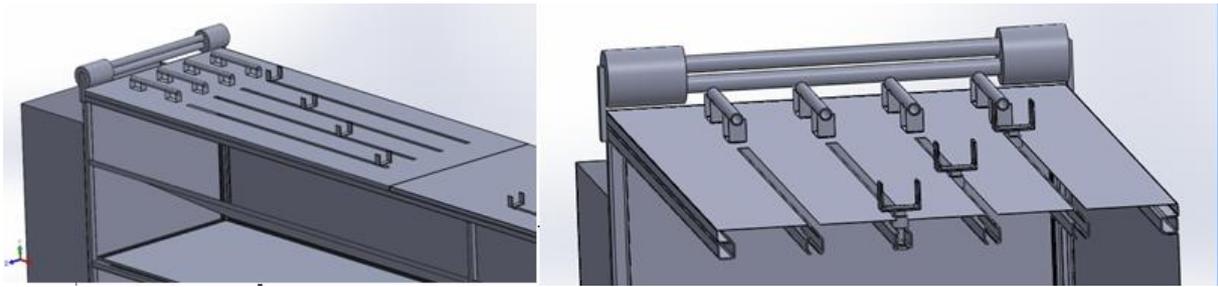


Figura 50 - Protótipo para inserção automática de fios nos tubos

A máquina conseguirá fazer a inserção de fios em 5 tubos ao mesmo tempo e mais rápido ainda do que atualmente com a utilização de duas colaboradoras. O custo estimado para esta máquina é de 2000 € e fazendo uma poupança de no mínimo 1,5 minutos por cabo e excluindo o tempo perdido pela colaboradora que ajuda na inserção, é possível pagar a máquina em apenas 6,67 meses, tal como se pode observar na Tabela 20.

Tabela 20 - Poupanças relativas à proposta da máquina de inserção de fios automática

|                   | Turno | Mês  | Ano   |
|-------------------|-------|------|-------|
| Poupanças (min)   | 135   | 2700 | 27000 |
| Poupanças (euros) | 18    | 360  | 3600  |

Por fim e terminada a análise a esta família de produtos foi possível construir um VSM de estado futuro que se encontra disponível Anexo 10.

## **6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Este capítulo apresenta alguns resultados das propostas para os problemas identificados no capítulo 4. Algumas das propostas foram implementadas sendo que outras ainda estão a ser avaliadas.

### **6.1 Resultados das propostas implementadas**

#### 6.1.1 Segmento Protótipos

As propostas implementadas foram o novo guarda mapas de montagem que permite o armazenamento de maior quantidade de mapas para além de facilitar a sua procura e garantir continuidade de utilização a longo prazo consistindo também numa poupança de área produtiva de cerca de 7,96 m<sup>2</sup> na zona dos protótipos. A alteração da orientação dos cavaletes de montagem no segmento dos protótipos também permitiu, para além das vantagens já numeradas na secção 5.7.1.2, uma poupança de 14 m<sup>2</sup>. O novo plano de manutenção da linha de montagem deste segmento também permitiu a estabilização dos tempos de volta dos carrinhos o que facilita o planeamento semanal da linha. Ainda neste segmento permitiu-se uma poupança anual de 3600€ devido à redução dos tempos de montagem da referência da Caterpillar com maior volume produtivo na área respeitante à produção em tábuas fixas do segmento. Em relação aos protótipos foi também alterada a posição da mesa de teste elétrico que permitiu uma poupança de 9,91 € por turno e considerando 46 semanas produtivas por ano, obtém-se uma poupança anual de aproximadamente 2 281 €, reduzindo apenas as deslocações da abastecedora.

#### 6.1.2 Melhor controlo dos indicadores de desempenho

Devido à implementação do OEE e das propostas associadas a esta análise foi permitido um melhor controlo dos níveis de eficiência do segmento 1, bem como uma melhoria incremental na velocidade de corte das máquinas através da aplicação das correias de alimentação mencionadas anteriormente.

#### 6.1.3 Menores tempos de setup

A implementação do SMED permitiu também uma redução dos tempos de Setup das máquinas de corte o que se traduz numa poupança anual de 13 248€ para além de ter criado

uma base para próximos estudos a este segmento considerado o *pacemaker* da produção na empresa.

## **6.2 Resultados esperados de propostas não implementadas**

Neste espaço faz-se referência ao estudo da otimização do teste elétrico que ainda não tem um estudo de tempos que suporte a implementação da proposta, apesar de já ter sido apresentada e discutida com o diretor de produção e responsável do segmento. Também a proposta de novas estantes de componentes se insere neste subcapítulo pois ainda não foi implementada nem requisitado nenhum protótipo ao fornecedor de material produtivo.

### 6.2.1 Otimização do teste elétrico

Apesar de esta proposta ainda não ter sido implementada, várias referências que utilizam os componentes colocados pela operadora de teste e descritos na secção 5.6.1.4 e no Anexo 9 já tiveram os seus tempos atualizados o que resultou num aumento da margem de lucro da empresa em relação aos tempos produtivos cotados anteriormente e que desconsideravam essas atividades.

### 6.2.2 Nova estante de componentes

Apesar das inúmeras vantagens já descritas e apresentadas à empresa esta proposta não será implementada pois exigiria um esforço financeiro que não pode ser suportado no orçamento da empresa para este ano.

## **7. CONCLUSÃO**

Este capítulo apresenta as principais conclusões desta dissertação assim como algumas propostas para trabalho futuro.

### **7.1 Conclusões**

Envolver todos os colaboradores num comprometimento contínuo com a melhoria. Esta é a atitude a tomar. De facto, toda a informação proveniente de todos os graus da estrutura organizacional é imprescindível no processo decisório para os projetos serem pensados e implementados por todos e não pensados por uns e implementados por outros.

Marcar o ritmo das decisões. Disciplinar. Motivar. Integrar. Todas estas premissas aliadas às metodologias utilizadas são o caminho a seguir para adaptar a teoria à prática do problema rumo ao sucesso de todos e consequentemente de cada um.

Na verdade, a cada ação de melhoria estava associado um ganho curto. No entanto, ao longo deste projeto, demonstrou-se que sem quaisquer custos ou com investimentos de retorno rápido se consegue melhorar algo em cada processo. No entanto, é ao melhorar pouco em muitos processos que se obtém panoramas gerais com grandes ganhos.

Futuramente, todos os procedimentos que necessitem de treinamento devem ser controlados até se atingirem padrões altos de autodisciplina. Laconicamente, deve evitar-se a inércia ou seja, o retorno aos paradigmas, à situação confortável, ao que era habitual, ao que era pior através de processos de alavancamento dos níveis de focalização no objetivo comum da empresa e de cada um.

No entender do autor existem ainda várias questões a ser estudadas e que devem dar continuidade a este projeto. A aplicação do método SMED, após interpretação dos resultados da ferramenta OEE, nos processos que mais afetam o índice de desempenho: a velocidade de corte e cravação das máquinas, nunca deve ser considerada como concluída, pois a racionalização de todos os recursos causará indubitavelmente uma redução sem custos a este processo.

No decorrer do projeto, verificou-se também que seria benéfico um estudo pormenorizado no âmbito da reconfiguração do segmento de corte para produção celular, segregando as máquinas de corte e distribuindo-as pelas diferentes linhas com o objetivo de tornar as

máquinas afetas a uma determinada linha e/ou famílias de produtos aumentando assim a especialização e reduzindo, mais uma vez, a troca de ferramentas e *setups* realizados.

Inequivocamente, a base deste projeto deve ser aplicada não tanto focalizada no segmento onde foi realizada a dissertação mas em todas as linhas produtivas da Leoni Portugal. A melhoria pouco a pouco em várias oportunidades nas várias linhas traria reduções nos custos de produção e um aumento da margem de lucro ou do valor percebido pelo cliente. Em suma, verificou-se que a aplicação geral da filosofia imbuída neste projeto aumenta o poder da empresa dando-lhe mais margem para a concorrência e uma vantagem competitiva, a vantagem operacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A., Carvalho, D., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2014). Waste identification diagrams. *Production Planning & Control*, 1-13..
- Cho, F. (2001). *The Toyota Way*. Interne Publikation. Toyota Motor Corporation
- Coimbra, E. (2009). *Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute
- Crosby, P. (1979). *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. McGraw-Hill.
- Dean J., Bowen D. E.(1994). Management Theory and Total Quality. *Academy of Management Review*. 392-418
- Emiliani, B. (2008). Practical lean leadership: A strategic leadership guide for executives. *Training*, 2011, 03-04.
- Fogliatto, F., & Ribeiro, J. (2009). *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. Elsevier
- Garcia, F. C., Partner, P. E., & Director, P. *Using Value Stream Mapping to Develop Improved Facility Layouts*. IIE Annual Conference. Proceedings (2007): 1-7
- Hirano, H. (1996). *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*: Taylor & Francis.
- Hosotani, K. (1992). *The QC Problem-solving Approach: Solving Workplace Problems the Japanese Way*. 3A Corporation.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- Kajdan, V. (2008). Total quality management & business excellence. *European Society for Organisational Excellence*., 87-89.
- Knod, E., & Schonberger, R. (2001). *Operations Management: Meeting Customers' Demands, Volume 1*. McGraw-Hill/Irwin.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2012, November). Design of a Lean Methodology for an ergonomic and sustainable work environment in Textile and Garment Industry. In *ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (pp. 1843-1852). American Society of Mechanical Engineers.
- Melton, T. (2005). The benefits of Lean Manufacturing: What Lean thinking has to offer the process industries. 662-673.
- Monden, Y. (1981). *Adaptable kanban system helps toyota maintain just-in-time production*. *Industrial Engineering* (Norcross, Georgia), 13(5).
- Monden, Y. (1983). *Toyota production System*. Industrial Engineering and Management Press.
- Monden, Y.(1998). *Toyota production system: Na integrated approach to just-in-time engineering and management press*. IEE, Norcross, GA.

- Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Ōhno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: Taylor & Francis.
- Ortiz, C. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. CRC Press.
- Palady, P. (2007). *Failure Mode Evaluation Analysis*. IMAM Institute.
- Productivity Press Development Team. (1996). *5S for Operators: Five Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Aprendendo a Enxergar*. Lean Institute Brasil - The Lean Enterprise Institute - São Paulo
- Santos, J., Wisk, R., & Torres, J. (2014). *Improving Production with Lean Thinking*. John Wiley & Sons.
- Shewhart, W., & Deming, W. (1939). *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. Courier Corporation.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Taylor & Francis.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*: Taylor & Francis.
- Shook, J., & Marchwinski, C. (2007). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Standard, C., & Davis, D. (1999). *Running Today's Factory: A Proven Strategy for Lean Manufacturing*. Hanser Gardner Publications.
- Susman, G. (1983). *Action research: a sociotechnical systems perspective. Beyond method: Strategies for social research*, 95-113
- Tajiri, M., & Goto, F. (1992). *TPM implementation, a Japanese approach*. Universidade de Michigan.
- Tolliday, S., & Zeitlin, J. (1992). *Between Fordism and Flexibility*. Bloomsbury Academic.
- Ward, J., Taylor, P., & Bond, P. (1996). Evaluation and realization of IS/IT benefits: an empirical study of current practice. *European Journal of Information Systems*, 4(4), 214-225.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990). *Machine that Changed the World*: Scribner.

## ANEXOS

## ANEXO 1 – PARAGENS CORRETIVAS NAS MÁQUINAS KOMAX ALPHA 355 E 411 DURANTE O MÊS DE JANEIRO

| Listagem de Paragens |            |          |       |      |                                |                            |                                                                                                                   |
|----------------------|------------|----------|-------|------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Posto                | Data       | Operador | Tempo | Cod. | Paragem                        | Causa                      | Servico                                                                                                           |
| 365                  | 06-01-2015 | 273      | 20    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal | Ferramenta 101 com terminal torto                                                                                 |
| 365                  | 08-01-2015 | 273      | 15    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Terminal deformado         | Terminal da ferramenta 682 torto                                                                                  |
| 804                  | 08-01-2015 | 103      | 72    | 47   | Software-Equipamento           | Atualizar                  | Ao mudar o PC para Win7 mudou-se a porta USB de sitio e o TopWin deixou de reconhecer o K-331 e K341.             |
| 355                  | 09-01-2015 | 273      | 10    | 12   | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão    | Ajustar gotas e jacto, impressão iligivel                                                                         |
| 804                  | 09-01-2015 | 273      | 30    | 47   | Software-Equipamento           | Atualizar                  | Topwin crachou, desligar pc e activar Disco D                                                                     |
| 355                  | 12-01-2015 | 273      | 110   | 12   | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão    | Impressora com tinta muito liquida, substituir a mesma e varios ajustes                                           |
| 364                  | 12-01-2015 | 273      | 25    | 3    | Avaria Mecânica                | Calibrar Braços Maq. Corte | Suporte do bico lado 1 empenado, desempenar e ajustar braço                                                       |
| 718                  | 13-01-2015 | 273      | 20    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Ajuste trompette           | Ajustar trompette ferramenta 211                                                                                  |
| 736                  | 13-01-2015 | 273      | 15    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Terminal deformado         | Terminal da ferramenta 605, ajustar avanço                                                                        |
| 718                  | 14-01-2015 | 273      | 10    | 6    | Subst. / Reparar peça partida  | Partida com o uso          | Lamina de jogo da ferramenta 423 partida                                                                          |
| 718                  | 15-01-2015 | 1150     | 24    | 3    | Avaria Mecânica                | Parafuso Partido           | parafuso do corta-afaras partido.                                                                                 |
| 771                  | 16-01-2015 | 273      | 10    | 5    | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar         | Foram mudadas as 4 laminas de decapar e as duas de corte                                                          |
| 355                  | 16-01-2015 | 273      | 10    | 5    | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar         | Foram mudadas as 4 laminas de decapar e as 2 de corte                                                             |
| 736                  | 20-01-2015 | 273      | 20    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Terminal deformado         | Filamentos de fora do terminal, colocar mola como calgador dos filamentos                                         |
| 736                  | 20-01-2015 | 273      | 15    | 24   | Experiências/Testes            | Experiências/Testes        | Fazer testes por causa da opcao de puxar filamentos                                                               |
| 771                  | 20-01-2015 | 1150     | 19    | 12   | Impressão Fios                 | Jacto descentrado          |                                                                                                                   |
| 736                  | 22-01-2015 | 273      | 15    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal | Ajustar ferramenta 412, terminal torto                                                                            |
| 365                  | 22-01-2015 | 273      | 10    | 5    | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar         | Foram verificadas as laminas de decapar devido a reclamação da Agco, tudo OK                                      |
| 771                  | 22-01-2015 | 273      | 10    | 5    | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar         | Foram verificadas as laminas de decapar devido a reclamação da Agco, tudo OK                                      |
| 736                  | 23-01-2015 | 273      | 15    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal | Terminal da ferramenta 202, ajustar avanço do terminal                                                            |
| 365                  | 26-01-2015 | 273      | 10    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Terminal deformado         | Cabeça do terminal levantada, trigger da prensa muito baixo                                                       |
| 364                  | 28-01-2015 | 273      | 10    | 6    | Subst. / Reparar peça partida  | Partida com o uso          | Punção da ferramenta 280 partido, substituir o mesmo                                                              |
| 804                  | 29-01-2015 | 273      | 240   | 12   | Impressão Fios                 | Nozzle entupido            | Avaria do segundo turno, nozzle entupido, não tinha o vedante do pistão que fecha a tinta no nozzle, impressora f |
| 365                  | 30-01-2015 | 273      | 15    | 11   | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal | Terminal da ferramenta 169 torto, ajustar avanço do terminal                                                      |
| 771                  | 30-01-2015 | 273      | 10    | 5    | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de corte           | Foram verificadas as laminas de decapar por causa da reclamação da Agco                                           |
| 365                  | 30-01-2015 | 273      | 10    | 5    | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar         | Foram verificadas as laminas de decapar por causa da reclamação da Agco, Tudo OK                                  |

| Listagem de Paragens |            |          |       |              |                                |                                |                                                                                                                |
|----------------------|------------|----------|-------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Posto                | Data       | Operador | Tempo | Cod. Servico | Paragem                        | Causa                          | Servico                                                                                                        |
| 371                  | 05-01-2015 | 273      | 40    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Aranque depois das férias de Natal                                                                             |
| 135                  | 05-01-2015 | 273      | 300   | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Aranque depois das férias de natal                                                                             |
| 135                  | 05-01-2015 | 1000     | 35    | 12           | Impressão Fios                 | Retirar ar do circuito         |                                                                                                                |
| 371                  | 06-01-2015 | 273      | 25    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        |                                                                                                                |
| 135                  | 06-01-2015 | 1150     | 20    | 12           | Impressão Fios                 | Ajuste de Goteira              |                                                                                                                |
| 135                  | 07-01-2015 | 273      | 60    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Impressora imprima mal, varios ajustes de gotas e pressão                                                      |
| 135                  | 07-01-2015 | 273      | 40    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Impressora imprima bem e depois mal, varios ajustes                                                            |
| 132                  | 07-01-2015 | 273      | 300   | 2            | Avaria Eléctrica               | Fonte de alimentação           | Fonte de alimentação de 24V queimada                                                                           |
| 135                  | 07-01-2015 | 1000     | 51    | 12           | Impressão Fios                 | Nozzle entupido                | jato estava sempre a mexer                                                                                     |
| 361                  | 08-01-2015 | 273      | 10    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajuste trompette               |                                                                                                                |
| 135                  | 08-01-2015 | 273      | 280   | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Impressora imprima mal, foi substituida e varios testes                                                        |
| 380                  | 12-01-2015 | 273      | 20    | 47           | Software-Equipamento           | TDPWIN- Restore BD             | Fazer backup do topwin                                                                                         |
| 371                  | 12-01-2015 | 273      | 20    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Terminal deformado             | Terminal com muita rebarba, ajustar lamina de jogo                                                             |
| 380                  | 13-01-2015 | 273      | 15    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal     |                                                                                                                |
| 371                  | 13-01-2015 | 273      | 20    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Desgastada com o uso           | Maquina não decapava fio de 6,00mm, laminas de corte desgastadas                                               |
| 380                  | 13-01-2015 | 273      | 15    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajuste trompette               | Ajustar trompette na ferramenta 260                                                                            |
| 361                  | 14-01-2015 | 273      | 10    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal     |                                                                                                                |
| 380                  | 14-01-2015 | 273      | 15    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajuste de Curso de alimentação | Ferramenta 412 não alimentava                                                                                  |
| 371                  | 15-01-2015 | 273      | 15    | 6            | Subst. / Reparar peça partida  | Partida com o uso              | Chapa de guia dos fios do lado 2 empenada                                                                      |
| 380                  | 15-01-2015 | 273      | 20    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Impressora com alta tensão durante a noite, ajustar gotas e pressão                                            |
| 380                  | 19-01-2015 | 273      | 45    | 12           | Impressão Fios                 | Nozzle entupido                |                                                                                                                |
| 371                  | 21-01-2015 | 1150     | 25    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Tapete transporte de fio       |                                                                                                                |
| 371                  | 21-01-2015 | 1150     | 30    | 17           | Tempo de Espera de Manutenção  | Estabelecer prioridades        | Estava na reuniao dois ST                                                                                      |
| 361                  | 22-01-2015 | 273      | 15    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal     | Terminal da ferramenta 531 torto, ajustar avanço                                                               |
| 371                  | 22-01-2015 | 103      | 15    | 12           | Impressão Fios                 | Ajuste de Goteira              | Problema de jacto e goteira                                                                                    |
| 132                  | 22-01-2015 | 273      | 10    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar             | Foram verificadas as laminas de decapar devido a reclamação da Agco, tudo OK                                   |
| 135                  | 22-01-2015 | 273      | 40    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Foram substituidas as 2 laminas de corte                                                                       |
| 132                  | 26-01-2015 | 273      | 40    | 12           | Impressão Fios                 | Nozzle entupido                | Impressora dava erro de alta tensão, varios ajustes                                                            |
| 380                  | 26-01-2015 | 273      | 65    | 12           | Impressão Fios                 | Nozzle entupido                | Impressora não chupava a tinta, circuito de retorno entupido, desentupir o mesmo                               |
| 138                  | 26-01-2015 | 273      | 30    | 17           | Tempo de Espera de Manutenção  | Estava em outra avaria         | Impressora ficou ligada o fim de semana sem copo, deposito ficou sem tinta, desentupir nozzle e varios ajustes |
| 138                  | 26-01-2015 | 273      | 25    | 7            | Avaria SLE                     | SLE Bloqueado                  | Estava na alpha 380 com problemas na impressora                                                                |
| 132                  | 27-01-2015 | 273      | 65    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Desgastada com o uso           | Parte de baixo do sle bloqueada, fazer reset a placa                                                           |
| 380                  | 27-01-2015 | 273      | 10    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajuste trompette               | Acessorio do ar do suporte do fio danificado, substituir o mesmo                                               |
| 135                  | 27-01-2015 | 273      | 15    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Ajustar trompette da ferramenta 339                                                                            |
| 135                  | 27-01-2015 | 273      | 40    | 12           | Impressão Fios                 | Ajustar Gotas e Pressão        | Impressora estava a imprimir mal, ajustar gotas e pressão                                                      |
| 361                  | 30-01-2015 | 273      | 15    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal     | Varios ajustes na pressão e nas gotas, impressora imprima mal                                                  |
| 371                  | 30-01-2015 | 273      | 20    | 11           | Ferramenta de Cravar           | Ajustar avanço do terminal     | Terminal da ferramenta 268 torto, ajustar avanço do terminal                                                   |
| 371                  | 30-01-2015 | 273      | 20    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de corte               | Ferramenta 548 não alimentava, ajustar alimentador                                                             |
| 35                   | 30-01-2015 | 273      | 10    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar             | Problemas com o fio de 6,00, decapava mal, substituir as laminas de corte, alinear o braço do lado 1           |
| 35                   | 30-01-2015 | 273      | 10    | 5            | Subst. / Reparar peça desgaste | Laminas de decapar             | Foram verificadas as laminas de decapar por causa da reclamação da Agco                                        |

## ANEXO 2 – ANÁLISE REPARAÇÕES DO SEGMENTO 2 DURANTE O MÊS DE FEVEREIRO

| CodDefeito | Defeito                           | Quantidade |
|------------|-----------------------------------|------------|
| 1004       | Troca de polo                     | 194        |
| 1008       | Falta Fio no shunt                | 44         |
| 111        | Cravacao deformada                | 42         |
| 110        | Terminal deformado                | 36         |
| 1023       | Falta Fio ( dummie)               | 32         |
| 301        | Fios do shunt errados             | 16         |
| 707        | Polaridade dos diodos errada      | 13         |
| 1025       | Fio extra no shunt                | 10         |
| 711        | Resistencia N.OK                  | 9          |
| 102        | Filamentos fora da area crav.     | 8          |
| 1014       | Diodo sem função                  | 7          |
| 705        | Falta fio                         | 7          |
| 127        | Falta seal                        | 6          |
| 108        | Terminal errado                   | 5          |
| 107        | Posicao errada do fio             | 5          |
| 702        | Falta terminal                    | 4          |
| 8          | Medida curta                      | 4          |
| 624        | Posicao do vedante errada         | 3          |
| 100        | Isolacao na area de cravacao      | 3          |
| 1021       | Terminal Invertido                | 2          |
| 1010       | Borrachinha descentrada no Schunt | 2          |
| 302        | Posicao do fio no shunt errada    | 2          |
| 113        | Patilha do terminal deformado     | 2          |

|                           |                                                                |            |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 103                       | Cravacao da isolacao NOk                                       | 2          |
| 6                         | Isolacao danificada                                            | 2          |
| 1018                      | Fio esticado/curto                                             | 1          |
| 1009                      | Terminal mal encaixado em conector injectado                   | 1          |
| 700                       | Fio rompido                                                    | 1          |
| 612                       | Tubo ondulado mal cortado                                      | 1          |
| 603                       | Falta peça (Todo o tipo de peça:Conector, tubo, clip, fita...) | 1          |
| 307                       | Manga retractil danificada                                     | 1          |
| 121                       | Posicao do seal Nok                                            | 1          |
| 7                         | Fio danificado                                                 | 1          |
| 0                         | Cor Errada                                                     | 1          |
|                           |                                                                |            |
| <b>Qtd</b>                |                                                                | <b>469</b> |
|                           |                                                                |            |
| <b>Troca de polo</b>      |                                                                | <b>194</b> |
| <b>Falta fio</b>          |                                                                | <b>7</b>   |
|                           |                                                                |            |
| <b>Falta fio (dummie)</b> |                                                                | <b>32</b>  |
| <b>Falta fio (linha)</b>  |                                                                | <b>0</b>   |

### ANEXO 3 – ANÁLISE ABC REALIZADA PELA EMPRESA EM 2014

Devido ao grande número de referências ativas na empresa, quer estejam em produção, protótipos ou mesmo casos de referências apenas de reposição, e pela extensão do documento, foi decidido apresentar apenas primeira e última página da lista de referências e o agrupamento de dados respetivo.

|    | Customer Partnumber | Partnumber | Customer | Projecto | Total Pedidos | Tempo Cabo LPMCS | Tempo Total LPMCS | % Valor Vendas | % Vendas Acumulado | % Referências | Classe Actual | Linha    | Classe Anterior | Alteração? |
|----|---------------------|------------|----------|----------|---------------|------------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|----------|-----------------|------------|
| 1  | 4357967M98          | 322514401  | AGCO     | AG50     | 2324          | 5.142            | 11949.578         | 4.46%          | 4.46%              | 0.11%         | A             | SEG2-601 | A               | N          |
| 2  | 320/09891           | 322463402  | JCB      | JP50     | 8700          | 1.555            | 13528.239         | 4.23%          | 8.69%              | 0.21%         | A             | SEG2-601 | A               | N          |
| 3  | 4378770M93          | 322473602  | AGCO     | AG50     | 1535          | 6.155            | 9447.746          | 3.53%          | 12.22%             | 0.32%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 4  | 331-5441            | 322332907  | CAT      | CA50     | 1518          | 4.123            | 6258.514          | 2.60%          | 14.82%             | 0.42%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 5  | 4377265M93          | 322476002  | AGCO     | AG50     | 4187          | 1.643            | 6878.787          | 2.57%          | 17.39%             | 0.53%         | A             | SEG2-598 | A               | N          |
| 6  | 4357874M93          | 322475403  | AGCO     | AG50     | 2029          | 3.160            | 6412.556          | 2.39%          | 19.78%             | 0.63%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 7  | 721/F8629           | 322479601  | JCB      | JC50     | 3150          | 2.278            | 7175.039          | 2.24%          | 22.03%             | 0.74%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 8  | 721/C4640           | 322383203  | JCB      | JC50     | 1707          | 4.093            | 6986.097          | 2.18%          | 24.21%             | 0.84%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 9  | 4378769M93          | 322473502  | AGCO     | AG50     | 970           | 5.385            | 5223.204          | 1.95%          | 26.16%             | 0.95%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 10 | 4355313M93          | 322406703  | AGCO     | AG50     | 1782          | 2.791            | 4973.149          | 1.86%          | 28.02%             | 1.05%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 11 | 357-3236            | 322352604  | CAT      | CA50     | 1266          | 3.148            | 3984.881          | 1.66%          | 29.68%             | 1.16%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 12 | 4389687M2           | 322510201  | AGCO     | AG50     | 1615          | 2.644            | 4269.785          | 1.59%          | 31.27%             | 1.27%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 13 | 377-7677            | 322398405  | CAT      | CA50     | 1081          | 3.342            | 3613.075          | 1.50%          | 32.77%             | 1.37%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 14 | 4378306M93          | 322472701  | AGCO     | AG50     | 1154          | 3.124            | 3604.890          | 1.35%          | 34.12%             | 1.48%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 15 | 380-3890            | 322437206  | MWL      | MW50     | 432           | 7.395            | 3194.524          | 1.33%          | 35.45%             | 1.58%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 16 | 4374076M95          | 322450502  | AGCO     | AG50     | 634           | 5.518            | 3498.605          | 1.31%          | 36.75%             | 1.69%         | A             | SEG2-601 | A               | N          |
| 17 | 4374068M91          | 322377101  | AGCO     | AG50     | 1248          | 2.737            | 3415.572          | 1.28%          | 38.03%             | 1.79%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 18 | 377-7569            | 322398303  | CAT      | CA50     | 1076          | 2.814            | 3027.997          | 1.26%          | 39.29%             | 1.90%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 19 | 4381112M2           | 322473101  | AGCO     | AG50     | 1592          | 2.013            | 3205.317          | 1.20%          | 40.48%             | 2.00%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 20 | 4353057M5           | 322488902  | AGCO     | AG50     | 1897          | 1.501            | 2848.238          | 1.06%          | 41.55%             | 2.11%         | A             | SEG2-598 | A               | N          |
| 21 | 357-3196            | 322349007  | CAT      | CA50     | 584           | 4.355            | 2543.562          | 1.06%          | 42.60%             | 2.22%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 22 | 331-5451            | 322333107  | CAT      | CA50     | 1572          | 1.613            | 2536.184          | 1.05%          | 43.66%             | 2.32%         | A             | SEG3-679 | A               | N          |
| 23 | 721/F8631           | 322479501  | JCB      | JC50     | 1370          | 2.454            | 3361.836          | 1.05%          | 44.71%             | 2.43%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 24 | 290-6799            | 322292601  | CAT      | CA50     | 2387          | 1.028            | 2453.542          | 1.02%          | 45.73%             | 2.53%         | A             | SEG3-679 | A               | N          |
| 25 | 4353057M4           | 322414401  | AGCO     | AG50     | 1752          | 1.498            | 2624.788          | 0.98%          | 46.71%             | 2.64%         | A             | SEG2-598 | A               | N          |
| 26 | 721/H1871           | 322346102  | JCB      | JC50     | 3696          | 0.835            | 3085.218          | 0.96%          | 47.67%             | 2.74%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 27 | 721/H7972           | 322523701  | JCB      | JC50     | 417           | 6.970            | 2906.290          | 0.91%          | 48.58%             | 2.85%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 28 | 357-3238            | 322344801  | CAT      | CA50     | 1893          | 1.110            | 2101.662          | 0.87%          | 49.45%             | 2.95%         | A             | SEG3-679 | A               | N          |
| 29 | 721/H7969           | 322523501  | JCB      | JC50     | 588           | 4.731            | 2781.716          | 0.87%          | 50.32%             | 3.06%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 30 | 4351323M93          | 322357004  | AGCO     | AG50     | 502           | 4.524            | 2271.143          | 0.85%          | 51.17%             | 3.16%         | A             | SEG4-599 | A               | N          |
| 31 | 3640128             | 322202503  | CUMMINS  | CU50     | 288           | 5.338            | 1537.291          | 0.83%          | 52.01%             | 3.27%         | A             | SEG3-572 | A               | N          |
| 32 | 721/H9187           | 322378502  | JCB      | JC50     | 564           | 4.423            | 2494.615          | 0.78%          | 52.79%             | 3.38%         | A             | SEG2-602 | A               | N          |
| 33 | 4374792M93          | 322514301  | AGCO     | AG50     | 401           | 4.944            | 1982.681          | 0.74%          | 53.53%             | 3.48%         | A             | SEG2-602 | B               | S          |

|     | Customer Partnumber | Partnumber | Customer | Projecto | Total Pedidos | Tempo Cabo LPMCS | Tempo Total LPMCS | % Valor Vendas | % Vendas Acumulado | % Referências | Classe Actual | Linha     | Classe Anterior | Alteração? |
|-----|---------------------|------------|----------|----------|---------------|------------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|-----------|-----------------|------------|
| 918 | 375-9536            | 322444802  | MWL      | MW50     | 0             | 0.133            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 96.84%        | C             | SEG7-2128 | -               | S          |
| 919 | 395-3910            | 322448002  | MWL      | MW50     | 0             | 0.093            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 96.94%        | C             | -         | -               | S          |
| 920 | 395-3911            | 322448102  | MWL      | MW50     | 0             | 0.119            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.05%        | C             | -         | -               | S          |
| 921 | 230-4009            | 322452401  | MWL      | MW50     | 1200          | 0.000            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.15%        | C             | SEG2-OU   | C               | N          |
| 922 | 391-0848            | 322469902  | MWL      | MW50     | 0             | 0.180            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.26%        | C             | SEG7-2128 | C               | N          |
| 923 | 364-7314            | 322470001  | MWL      | MW50     | 0             | 0.477            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.36%        | C             | SEG7-2128 | C               | N          |
| 924 | 364-7311            | 322470501  | MWL      | MW50     | 0             | 0.522            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.47%        | C             | SEG7-2128 | C               | N          |
| 925 | 422-3662            | 322477102  | MWL      | MW50     | 0             | 1.087            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.57%        | C             | SEG3-679  | -               | S          |
| 926 | 425-6975            | 322477201  | MWL      | MW50     | 0             | 1.751            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.68%        | C             | SEG7-2128 | C               | N          |
| 927 | 425-6970            | 322477401  | MWL      | MW50     | 0             | 1.753            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.78%        | C             | SEG7-2128 | C               | N          |
| 928 | 380-8888            | 322488201  | MWL      | MW50     | 10            | 0.000            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 97.89%        | C             | -         | -               | S          |
| 929 | 344-5486            | 322494502  | MWL      | MW50     | 0             | 0.071            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.00%        | C             | SEG7-2128 | -               | S          |
| 930 | 439-4535            | 322511502  | MWL      | MW50     | 0             | 0.087            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.10%        | C             | SEG3-679  | C               | N          |
| 931 | 433-1434            | 322514101  | MWL      | MW50     | 0             | 1.157            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.21%        | C             | SEG3-679  | C               | N          |
| 932 | 442-7968            | 322524901  | MWL      | MW50     | 0             | 0.000            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.31%        | C             | -         | -               | S          |
| 933 | 4272347M2           | 322137903  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.261            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.42%        | C             | SEG3-679  | C               | N          |
| 934 | 3387318M1           | 322161501  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.008            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.52%        | C             | SEG4-OU   | C               | N          |
| 935 | 4287364M1           | 322161601  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.022            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.63%        | C             | SEG2-D    | C               | N          |
| 936 | 4347449M4           | 322318603  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.330            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.73%        | C             | SEG3-679  | C               | N          |
| 937 | 4376828M91          | 322394002  | AGCO     | AG50     | 0             | 2.577            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.84%        | C             | SEG4-599  | C               | N          |
| 938 | 4349894M2           | 322397901  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.008            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 98.95%        | C             | SEG4-OU   | C               | N          |
| 939 | 4379320M1           | 322409101  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.062            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.05%        | C             | SEG3-679  | C               | N          |
| 940 | 4350745M2           | 322410102  | AGCO     | AG50     | 0             | 1.256            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.16%        | C             | SEG2-598  | C               | N          |
| 941 | 4380434M1           | 322424801  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.189            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.26%        | C             | SEG3-679  | C               | N          |
| 942 | 4384045M1           | 322456901  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.228            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.37%        | C             | SEG4-599  | C               | N          |
| 943 | 4357967M97          | 322459601  | AGCO     | AG50     | 0             | 5.115            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.47%        | C             | SEG2-601  | A               | S          |
| 944 | 4384095M2           | 322490101  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.149            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.58%        | C             | SEG7-TF7  | C               | N          |
| 945 | 4390208M1           | 322496901  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.101            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.68%        | C             | SEG2-598  | C               | N          |
| 946 | 4390209M1           | 322497001  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.353            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.79%        | C             | SEG2-598  | C               | N          |
| 947 | 3017312X1           | 322517801  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.027            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 99.89%        | C             | SEG7-2128 | -               | S          |
| 948 | 3017361X1           | 322517901  | AGCO     | AG50     | 0             | 0.027            | 0.000             | 0.00%          | 100.00%            | 100.00%       | C             | SEG7-2128 | -               | S          |

|          |            | JCB | AGCO | CAT | CUMMINS | MWL |
|----------|------------|-----|------|-----|---------|-----|
| <b>A</b> | <b>105</b> | 31  | 46   | 22  | 2       | 4   |
| <b>B</b> | <b>172</b> | 52  | 64   | 39  | 2       | 15  |
| <b>C</b> | <b>671</b> | 271 | 173  | 99  | 11      | 117 |

|            |            |            |            |           |            |
|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| <b>948</b> | <b>354</b> | <b>283</b> | <b>160</b> | <b>15</b> | <b>136</b> |
|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|

|          |            | JCB | AGCO | CAT | CUMMINS | MWL |
|----------|------------|-----|------|-----|---------|-----|
| <b>A</b> | <b>11%</b> | 9%  | 16%  | 14% | 13%     | 3%  |
| <b>B</b> | <b>18%</b> | 15% | 23%  | 24% | 13%     | 11% |
| <b>C</b> | <b>71%</b> | 77% | 61%  | 62% | 73%     | 86% |

|             |             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|





## ANEXO 5 – LEVANTAMENTO DO NÚMERO DE PARAGENS DEVIDO A SETUP E TROCAS DE FERRAMENTA

| TURNO                 | Janeiro |         | Fevereiro |         | Março   |         | Abril   |         |
|-----------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                       | 1       | 2       | 1         | 2       | 1       | 2       | 1       | 2       |
| trocas de ferramentas | 4604    | 4503    | 4991      | 4781    | 5466    | 5098    | 4197    | 4474    |
| setups                | 12521   | 12866   | 14692     | 14146   | 16479   | 15317   | 12286   | 13710   |
| fios cortados         | 2E+06   | 1663135 | 1747317   | 1632130 | 2037469 | 1788951 | 1645669 | 1819276 |
| fios rejeitados       |         |         |           |         |         |         |         |         |
| SOMA                  | 3376343 |         | 3411826   |         | 3826420 |         | 3464945 |         |

## ANEXO 6 – REGISTO DAS CRONOMETRAGENS REALIZADAS À MÁQUINA KOMAX ALPHA 411

| Modelo máq. | Máquina | Secção (mm) | Comprimento (mm) | Duração (seg) |
|-------------|---------|-------------|------------------|---------------|
| 411         | 132     | 2           | 1180             | 2,8           |
| 411         | 132     | 2           | 1950             | 3             |
| 411         | 132     | 2           | 2660             | 3,6           |
| 411         | 132     | 2           | 790              | 2             |
| 411         | 132     | 2           | 865              | 2             |
| 411         | 132     | 2           | 270              | 1,9           |
| 411         | 132     | 2           | 850              | 2             |
| 411         | 132     | 2           | 995              | 2             |
| 411         | 132     | 1,5         | 1175             | 2,2           |
| 411         | 380     | 0,75        | 3465             | 3,4           |
| 411         | 380     | 0,75        | 1205             | 2,4           |
| 411         | 380     | 0,75        | 700              | 2,4           |
| 411         | 380     | 0,75        | 350              | 2,3           |
| 411         | 380     | 0,75        | 2315             | 2,8           |
| 411         | 380     | 0,75        | 2300             | 2,8           |
| 411         | 380     | 0,75        | 2210             | 2,8           |
| 411         | 380     | 0,75        | 555              | 2,3           |
| 411         | 361     | 1           | 755              | 2,3           |
| 411         | 361     | 1           | 1355             | 2,7           |
| 411         | 361     | 0,75        | 1500             | 2,8           |
| 411         | 361     | 0,75        | 1550             | 2,8           |
| 411         | 361     | 0,75        | 2510             | 4             |
| 411         | 361     | 0,75        | 3110             | 4,5           |
| 411         | 361     | 0,75        | 3270             | 4,5           |
| 411         | 132     | 2           | 575              | 2             |
| 411         | 132     | 2           | 725              | 2             |
| 411         | 95      | 0,75        | 2355             | 3,8           |
| 411         | 95      | 4           | 1295             | 3,7           |
| 411         | 361     | 1           | 115              | 2,2           |
| 411         | 361     | 1,5         | 255              | 2,3           |
| 411         | 361     | 2,5         | 300              | 2,1           |
| 411         | 361     | 0,75        | 325              | 1,8           |
| 411         | 361     | 0,75        | 535              | 3             |
| 411         | 361     | 0,75        | 2375             | 3,2           |
| 411         | 361     | 1           | 1040             | 2             |
| 411         | 361     | 1           | 1540             | 2,3           |
| 411         | 95      | 4           | 590              | 2,6           |
| 411         | 95      | 4           | 1135             | 3             |

## ANEXO 7 – DADOS AGRUPADOS DOS REGISTOS OBTIDOS POR CRONOMETRAGEM A TODAS AS MÁQUINAS DE CORTE DA EMPRESA

| <b>KOMAX 411</b>             |        |        |      |         |                                   |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
|------------------------------|--------|--------|------|---------|-----------------------------------|-------------------------|--------|--------|------|---------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| <b>0,75 / 1</b>              |        |        |      |         | <b>1.5 / 2 / 2.5</b>              |                         |        |        |      | <b>3 / 4 / 4.5</b>              |                       |        |        |        |      |         |         |
| 0.75 / 1 até 500 mm          |        |        |      |         | 1.5 / 2 / 2.5 até 500 mm          |                         |        |        |      | 3 / 4 / 4.5 até 500 mm          |                       |        |        |        |      |         |         |
| Modelo                       | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq                           | Modelo                  | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir                         | Duraçãq               | Modelo | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 350     | 2,3                               | 411                     | 132    | 2      |      | 270                             | 1,9                   | 411    | 132    | 4      |      | 270     | 2,2     |
| 411                          | 361    | 1      |      | 115     | 2,2                               | 411                     | 361    | 1,5    |      | 255                             | 2,3                   | 411    | 361    | 3      |      | 255     | 2,2     |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 325     | 1,8                               | 411                     | 361    | 2,5    |      | 300                             | 2,1                   | 411    | 361    | 3      |      | 300     | 2,2     |
| média                        |        |        |      |         | 2,1                               | média                   |        |        |      |                                 | 2,1                   | média  |        |        |      |         | 2,2     |
| 0.75 / 1 de 500 até 1500 mm  |        |        |      |         | 1.5 / 2 / 2.5 de 500 até 1500 mm  |                         |        |        |      | 3 / 4 / 4.5 de 500 até 1500 mm  |                       |        |        |        |      |         |         |
| Modelo                       | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq                           | Modelo                  | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir                         | Duraçãq               | Modelo | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 1205    | 2,4                               | 411                     | 132    | 2      |      | 1180                            | 2,8                   | 411    | 95     | 4      |      | 1295    | 3,7     |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 700     | 2,4                               | 411                     | 132    | 2      |      | 790                             | 2                     | 411    | 95     | 4      |      | 590     | 2,6     |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 555     | 2,3                               | 411                     | 132    | 2      |      | 865                             | 2                     | 411    | 95     | 4      |      | 1135    | 3       |
| 411                          | 361    | 1      |      | 755     | 2,3                               | 411                     | 132    | 2      |      | 850                             | 2                     | 411    | 95     | 4      |      | 670     | 2,7     |
| 411                          | 361    | 1      |      | 1355    | 2,7                               | 411                     | 132    | 2      |      | 995                             | 2                     | 411    | 95     | 4,5    |      | 600     | 2,5     |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 1500    | 2,8                               | 411                     | 132    | 1,5    |      | 1175                            | 2,2                   | média  |        |        |      |         | 2,9     |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 535     | 3                                 | 411                     | 132    | 2      |      | 575                             | 2                     |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 361    | 1      |      | 1040    | 2                                 | 411                     | 132    | 2      |      | 725                             | 2                     |        |        |        |      |         |         |
| média                        |        |        |      |         | 2,487                             | média                   |        |        |      |                                 | 2,125                 |        |        |        |      |         |         |
| 0.75 / 1 de 1500 até 2500 mm |        |        |      |         | 1.5 / 2 / 2.5 de 1500 até 2500 mm |                         |        |        |      | 3 / 4 / 4.5 de 1500 até 2500 mm |                       |        |        |        |      |         |         |
| Modelo                       | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq                           | Modelo                  | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir                         | Duraçãq               | Modelo | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 2315    | 2,8                               | 411                     | 132    | 2      |      | 1950                            | 3                     | 411    | 132    | 4      |      | 1950    | 3,9     |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 2300    | 2,8                               | 411                     | 132    | 2      |      | 2660                            | 3,6                   | 411    | 132    | 4      |      | 2660    | 4,1     |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 2210    | 2,8                               | média                   |        |        |      |                                 | 3,3                   | média  |        |        |      |         | 4       |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 1550    | 2,8                               | 1.5 / 2 / 2.5 > 2500 mm |        |        |      |                                 | 3 / 4 / 4.5 > 2500 mm |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 95     | 0,75   |      | 2355    | 3,8                               | Modelo                  | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir                         | Duraçãq               | Modelo | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 2375    | 3,2                               | 411                     | 132    | 2      |      | 3105                            | 4                     | 411    | 132    | 4      |      | 2895    | 4,2     |
| 411                          | 361    | 1      |      | 1540    | 2,3                               | 411                     | 95     | 2      |      | 3405                            | 4,1                   | 411    | 132    | 4      |      | 3405    | 4,6     |
| 411                          | 95     | 0,75   |      | 2430    | 3,5                               | 411                     | 95     | 1,5    |      | 2755                            | 3,9                   | 411    | 132    | 4      |      | 2755    | 4,1     |
| média                        |        |        |      |         | 3                                 | 411                     | 132    | 2      |      | 2765                            | 3,9                   | 411    | 132    | 4      |      | 2765    | 4,1     |
| 0.75 / 1 > 2500 mm           |        |        |      |         | média                             |                         |        |        |      | 4                               | média                 |        |        |        |      | 4,25    |         |
| Modelo                       | Máquin | Secçãq | Seal | Comprir | Duraçãq                           |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 380    | 0,75   |      | 3465    | 3,4                               |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 2510    | 4                                 |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 3110    | 4,5                               |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 361    | 0,75   |      | 3270    | 4,5                               |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
| 411                          | 95     | 0,75   |      | 4240    | 4                                 |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |
| média                        |        |        |      |         | 4,08                              |                         |        |        |      |                                 |                       |        |        |        |      |         |         |

# Komax 355

## 0,75 / 1

0.75 / 1 até 500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 365    | 0,75   | *    | 460     | 2,2     |
| 355    | 365    | 1      | *    | 350     | 2,3     |
| 355    | 804    | 1      |      | 400     | 2,3     |
| 355    | 804    | 1      |      | 210     | 2,2     |
| 355    | 355    | 1      |      | 355     | 2       |

2.2

0.75 / 1 de 500 até 1500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 355    | 1      | *    | 690     | 2,3     |
| 355    | 365    | 1      | *    | 740     | 2,3     |
| 355    | 804    | 1      |      | 1325    | 2,3     |
| 355    | 804    | 1      |      | 995     | 2,3     |

2.3

0.75 / 1 de 1500 até 2500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 365    | 1      | *    | 1700    | 2,5     |
| 355    | 365    | 1      | *    | 1825    | 2,5     |
| 355    | 804    | 1      |      | 2000    | 2,6     |
| 355    | 804    | 1      |      | 1615    | 2,3     |
| 355    | 804    | 0,75   |      | 1780    | 2,6     |
| 355    | 355    | 1      |      | 2105    | 2,4     |

2.5

0.75 / 1 > 2500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 365    | 0,75   | *    | 3550    | 3,5     |
| 355    | 365    | 1      | *    | 3300    | 3,3     |
| 355    | 804    | 1      |      | 3000    | 3       |
| 355    | 804    | 1      |      | 3200    | 2,8     |

3,15

## 1.5 / 2 / 2.5

1.5 / 2 / 2.5 até 500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 718    | 2,5    | *    | 425     | 2,2     |
| 355    | 718    | 2,5    | *    | 560     | 2,2     |
|        |        |        |      |         | 2,2     |

1.5 / 2 / 2.5 de 500 até 1500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 718    | 2,5    | *    | 680     | 2,2     |
| 355    | 718    | 2,5    | *    | 1310    | 2,2     |
| 355    | 804    | 1,5    |      | 755     | 2,3     |
| 355    | 804    | 1,5    |      | 1195    | 2,3     |
|        |        |        |      |         | 2,25    |

1.5 / 2 / 2.5 de 1500 até 2500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 804    | 3      |      | 2200    | 2,5     |
| 355    | 718    | 2,5    |      | 2500    | 2,8     |
| 355    | 804    | 2      |      | 2010    | 2,4     |

2.5

1.5 / 2 / 2.5 > 2500 mm

| Modelo | Máquin | Secção | Seal | Comprir | Duração |
|--------|--------|--------|------|---------|---------|
| 355    | 804    | 3      |      | 3155    | 2,7     |
| 355    | 718    | 2,5    |      | 2995    | 2,9     |
| 355    | 718    | 2,5    |      | 3105    | 3,2     |
| 355    | 355    | 1,5    |      | 2975    | 2,6     |

2,85

## ANEXO 8 – FMEA REALIZADOS AOS PROCESSOS NO SEGMENTO 1

FMEA realizado ao processo de corte de fio.

| FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        |                                                        |                                                 |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                        |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Item:                             | Máquina de corte Komax Alpha | Responsável                                    | André Silva                                    | FMEA número:                               | 1                                          |                                                        |                                                        |                                                 |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                        |
| Modelo:                           |                              | Realizado por:                                 | André Silva                                    | Pág :                                      | 1 de 1                                     |                                                        |                                                        |                                                 |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                        |
|                                   |                              |                                                |                                                | FMEA Data:                                 | 03-03-2015                                 | Rev:                                                   | 1                                                      |                                                 |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                        |
| Processo                          | Modo de falha                | S                                              | Potenciais causas                              | O                                          | Prevenção                                  | Controlo atual                                         | D                                                      | RPN                                             | Ações recomendadas                                                                                |                                                                                                   |                                                        |
| F<br>i<br>o                       | impressão errada             | 3                                              | informação errada fornecida pelo cliente       | 2                                          | verificação manual dos desenhos do cliente | Verificar o desenho antes de o libertar                | 7                                                      | 126                                             | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                                            |                                                                                                   |                                                        |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            | Análise dos erros reportados               | Análise da impressão feita pelo segmento               |                                                        |                                                 | Política de duas observações por dois funcionários diferentes (Política 4 olhos)                  |                                                                                                   |                                                        |
|                                   |                              | 3                                              | Introdução manual errada na lista de materiais | 2                                          | verificação manual dos desenhos do cliente | 2                                                      | verificação manual dos desenhos do cliente             | Verificar o desenho antes de o libertar         | 7                                                                                                 | 126                                                                                               | Macros para tratamento de informação no excel          |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        | Análise dos erros reportados                           | Análise da impressão feita pelo segmento        |                                                                                                   |                                                                                                   | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        |                                                        | Comparação da informação fornecida pelo cliente |                                                                                                   |                                                                                                   | Política 4 olhos                                       |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        |                                                        | Comparação da informação fornecida pelo cliente |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                        |
|                                   | fio errado                   | 3                                              | informação errada fornecida pelo cliente       | 3                                          | verificação manual dos desenhos do cliente | verificação manual dos desenhos do cliente             | Verificar o desenho antes de o libertar                | 7                                               | 189                                                                                               | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                                            |                                                        |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            | Análise dos erros reportados                           | Análise da impressão feita pelo segmento               |                                                 |                                                                                                   | Política 4 olhos                                                                                  |                                                        |
|                                   |                              | 3                                              | Introdução manual errada na lista de materiais | 3                                          | verificação manual dos desenhos do cliente | 3                                                      | verificação manual dos desenhos do cliente             | Verificar o desenho antes de o libertar         | 7                                                                                                 | 189                                                                                               | Política 4 olhos                                       |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        | Análise dos erros reportados                           | Análise da impressão feita pelo segmento        |                                                                                                   |                                                                                                   | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        |                                                        | Comparação da informação fornecida pelo cliente |                                                                                                   |                                                                                                   | Política 4 olhos                                       |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        |                                                        | Comparação da informação fornecida pelo cliente |                                                                                                   |                                                                                                   |                                                        |
| terminal errado                   | 10                           | informação errada fornecida pelo cliente       | 3                                              | verificação manual dos desenhos do cliente | verificação manual dos desenhos do cliente | Verificar o desenho antes de o libertar                | 7                                                      | 210                                             | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                                            |                                                                                                   |                                                        |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            | Análise dos erros reportados               | Análise no segmento dos protótipos e serviços técnicos |                                                        |                                                 | Política 4 olhos                                                                                  |                                                                                                   |                                                        |
|                                   | 3                            | Introdução manual errada na lista de materiais | 3                                              | verificação manual dos desenhos do cliente | 3                                          | verificação manual dos desenhos do cliente             | Verificar o desenho antes de o libertar                | 7                                               | 210                                                                                               | A seleção de terminal de bits por automática para evitar erros, incluir essa atualização no CAP_H |                                                        |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            | Análise dos erros reportados                           | Análise no segmento dos protótipos e serviços técnicos |                                                 |                                                                                                   | Tentar sempre obter ficheiros eletrónicos dos clientes                                            |                                                        |
|                                   |                              |                                                |                                                |                                            |                                            |                                                        |                                                        |                                                 | A seleção de terminal de bits por automática para evitar erros, incluir essa atualização no CAP_H |                                                                                                   |                                                        |



## ANEXO 9 – CRONOMETRAGENS A OPERAÇÕES DESCONSIDERADAS DURANTE A FASE DE TESTE ELÉTRICO

OPERAÇÕES QUE NÃO ESTÃO CONSIDERADAS

| MENSAGENS                                                           | TEMPOS OBSERVADOS |     |      |      |      |      | MÉDIA<br>min/cabo | σ (%) | MÉDIA + σ |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|-----|------|------|------|------|-------------------|-------|-----------|
|                                                                     | 1º                | 2º  | 3º   | 4º   | 5º   | 6º   |                   |       |           |
| VERIFICAR ETIQUETA DE DIODO                                         | 0.04              | 0.1 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.0517            | 2 %   | 0.074336  |
| "VERIFICAR" SACOS DE PINTURA CONFORME INSTRUÇÃO ... EM 5 CONETORES  | 0.07              | 0.1 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.0767            | 1 %   | 0.089139  |
| COLOCAR TAMPA EM 418101530 EM D68B                                  | 0.08              | 0.1 | 0.07 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.0817            | 1 %   | 0.092339  |
| COLOCAR CONTRAPEÇA 418156250 EM B117C                               | 0.07              | 0.1 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.0833            | 1 %   | 0.094389  |
| COLOCAR TAMPA 418035510 EM D113                                     | 0.1               | 0.1 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.0883            | 1 %   | 0.097309  |
| COLOCAR TAMPA P00110323 EM B45B                                     | 0.1               | 0.1 | 0.11 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.0933            | 1 %   | 0.104389  |
| COLOCAR TAMPA P00110321 EM B112C                                    | 0.12              | 0.1 | 0.09 | 0.09 | 0.1  | 0.11 | 0.1017            | 1 %   | 0.112339  |
| COLOCAR TAMPA P00110291 EM C25C, F35C E D38C                        | 0.3               | 0.3 | 0.27 | 0.32 | 0.31 | 0.35 | 0.3083            | 2 %   | 0.332429  |
| COLOCAR CONTRAPEÇA 418481530 COM PINOS 499161900 ... EM 4 CONETORES | 0.29              | 0.4 | 0.33 | 0.38 | 0.34 | 0.31 | 0.3417            | 4 %   | 0.379709  |
| COLOCAR TAMPA P00110322 EM F34B E F67C                              | 0.16              | 0.2 | 0.17 | 0.19 | 0.19 | 0.2  | 0.1850            | 2 %   | 0.2       |
| COLOCAR TAMPA P00110321 EM C39B E F43C                              | 0.25              | 0.2 | 0.2  | 0.22 | 0.21 | 0.18 | 0.2100            | 2 %   | 0.231602  |
| COLOCAR CARTÃO PRESO COM FITA DE PAPEL A PROTEGER TERMINAIS EM D19  | 0.29              | 0.3 | 0.3  | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.2900            | 3 %   | 0.317081  |
| PUXAR PARA A FRENTE O VEDANTE EM E39B E VERIFICAR PLUG              | 0.22              | 0.2 | 0.2  | 0.23 | 0.21 | 0.2  | 0.2100            | 1 %   | 0.221547  |
| COLOCAR PLÁSTICO DE BOLHAS P00106203 EM E114C E D132C               | 0.16              | 0.2 | 0.17 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.1667            | 2 %   | 0.182653  |
| COLOCAR ETIQUETA A 100MM DE F132C                                   | 0.11              | 0.2 | 0.1  | 0.08 | 0.11 | 0.1  | 0.1167            | 4 %   | 0.155253  |
| COLOCAR SACO DE BOLHAS E PRENDER COM FITA DE PAPEL EM C11 E C18     | 0.59              | 0.5 | 0.51 | 0.47 | 0.58 | 0.61 | 0.5433            | 5 %   | 0.595509  |
| PRENDER COM FITA DE PAPEL G15, G16, G14 AO TRONCO                   | 0.65              | 0.6 | 0.57 | 0.55 | 0.49 | 0.59 | 0.5750            | 5 %   | 0.623905  |
| COLOCAR ENCAIXE DE 90 GRAUS EM D38C                                 |                   |     |      |      |      |      |                   |       | 0         |
| METER TUBO A TAPAR FUSÍVEL DE 175A DEPOIS DE F101                   |                   |     |      |      |      |      |                   |       | 0         |

TEMPOS OBTIDOS AGRUPADOS POR TIPO DE MENSAGEM

| MENSAGENS                                                                    | TEMPOS OBSERVADOS  |      |      |       |      |      | MÉDIA<br>min/cabo | σ (%) | MÉDIA + 6 |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------|-------|------|------|-------------------|-------|-----------|
|                                                                              | 1º                 | 2º   | 3º   | 4º    | 5º   | 6º   |                   |       |           |
| VERIFICAR ETIQUETA DE DIODO (1 UNIDADE)                                      | 0,04               | 0,05 | 0,05 | 0,04  | 0,03 | 0,05 | 0,0517            | 2 %   | 0,074     |
| VERIFICAR SACOS DE PINTURA (1 UNIDADE) - CAT                                 | 0,03               | 0,05 | 0,03 | 0,04  | 0,04 | 0,03 | 0,03667           | 1%    | 0,044     |
| COLOCAR TAMPAS E CONTRAPEÇAS (1 UNIDADE)                                     | VÁRIAS OBSERVAÇÕES |      |      |       |      |      | 0,0951            | 1%    | 0,104     |
| COLOCAR CARTÃO PRESO COM FITA DE PAPEL A PROTEGER TERMINAL (1 UNIDADE) - ICB | 0,29               | 0,34 | 0,3  | 0,33  | 0,28 | 0,24 | 0,2900            | 3 %   | 0,317     |
| PUXAR PARA A FRENTE O VEDANTE E VERIFICAR PLUG (1 UNIDADE) - AGCO/CAT        | 0,22               | 0,15 | 0,2  | 0,23  | 0,21 | 0,2  | 0,2100            | 1 %   | 0,222     |
| COLOCAR PLÁSTICO DE BOLHAS P00106203 (1 UNIDADE) - AGCO                      | 0,1                | 0,09 | 0,1  | 0,12  | 0,08 | 0,08 | 0,0950            | 1 %   | 0,109     |
| COLOCAR ETIQUETA (1 UNIDADE)                                                 | 0,11               | 0,16 | 0,1  | 0,08  | 0,11 | 0,1  | 0,1167            | 4 %   | 0,155     |
| COLOCAR SACO DE BOLHAS E PRENDER COM FITA DE PAPEL (1 UNIDADE) - VOLVO X     | 0,30               | 0,25 | 0,26 | 0,24  | 0,29 | 0,31 | 0,2767            | 3 %   | 0,305     |
| PRENDER COM FITA DE PAPEL UM TRAMO DO CABO AO TRONCO PRINCIPAL (1 UNIDADE)   | 0,22               | 0,2  | 0,19 | 0,183 | 0,2  | 0,2  | 0,1983            | 1 %   | 0,210     |

## ANEXO 10 – VSM DE ESTADO FUTURO

|           |        |
|-----------|--------|
| Demand    | 90.00  |
| Work Time | 480.00 |
| Takt      | 5.33   |

