



OTIMIZAÇÃO DE UMA ZONA DE PREPARAÇÃO PARA UMA LINHA DE MONTAGEM

RÚBEN MIGUEL PAIVA LOPES

novembro de 2018

OTIMIZAÇÃO DE UMA ZONA DE PREPARAÇÃO PARA UMA LINHA DE PRODUÇÃO

Rúben Miguel Paiva Lopes
1130538

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

OTIMIZAÇÃO DE UMA ZONA DE PREPARAÇÃO PARA UMA LINHA DE PRODUÇÃO

Rúben Miguel Paiva Lopes
1130538

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Rui Filipe Neves Araújo Rego Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP

Orientador

Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP

Coorientador

Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP

Arguente

Doutor João Carlos de Oliveira Matias
Professor Catedrático no Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo (DEGEIT) da Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, por toda a ajuda, afeto, carinho e toda a força que me deu sempre, mas principalmente nesta etapa importante na minha vida. Apesar de não ter as mesmas valências, sempre me aconselhou e, através dos conselhos dela, consegui cumprir com o meu objetivo.

Ao meu orientador Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e ao meu coorientador Professor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, por todo o auxílio e por estarem sempre dispostos a ajudar-me e a esclarecer todas as minhas dúvidas, mesmo que às vezes fosse complicado arranjar disponibilidade. Acompanharam-me desde o início do meu projeto, passaram-me conhecimentos, sugestões e conselhos, de forma a conseguir realizar um trabalho à altura.

Aos meus amigos e colegas de faculdade, que estiveram sempre ao meu lado, ajudando-me em tudo o que precisei. Juntos partilhamos experiências, trocamos ideias, discutimos assuntos e entre todos, encontramos soluções para os nossos problemas ou dificuldades.

Por fim, mas não menos importante, um grande agradecimento à empresa que me acolheu, me forneceu uma oportunidade de estágio e me concedeu um espaço na sua equipa de produção e melhoria contínua. Um agradecimento especial ao Miguel Moreira, responsável de produção do projeto onde estou inserido, por me ter acompanhado no meu projeto ao longo de todo o tempo em que estive na empresa. Também à Daniela Pereira e Joana Sousa, um agradecimento especial por todo o auxílio que me deram, não só no projeto, mas também na minha integração na equipa de trabalho, e darem a conhecer os procedimentos e mostraram na prática a aplicação de ferramentas que são essenciais no dia a dia de um engenheiro de produção.

PALAVRAS CHAVE

Indústria automóvel, Indústria de componentes, Sucata, Produtividade, *Lean*

RESUMO

Ao longo dos tempos, a indústria automóvel tem vindo a tornar-se cada vez mais exigente a nível global, sendo necessário reagir de forma rápida e eficiente para conseguir atender aos pedidos dos clientes. Sendo a indústria de componentes a fornecedora deste ramo competitivo, também ela tem de responder da mesma forma e fornecer componentes de elevada qualidade, num curto prazo de tempo. No entanto, muitas vezes, mesmo com tecnologias avançadas, não é possível alcançar a satisfação plena dos seus clientes. Desta forma, a estratégia passa por, não só melhorar a qualidade dos produtos e aumentar a produtividade diária das linhas de produção, mas também aumentar a eficiência das máquinas e operadores, assim como na redução de desperdícios, através de métodos e ferramentas que permitam otimizar e alcançar esses objetivos.

Este estudo teve como objetivo principal a otimização de uma zona de preparação para uma linha de montagem que fabrica componentes para os sistemas de ar condicionado, nomeadamente DS1, através da aplicação de ferramentas de melhoria contínua, de forma a reduzir a sucata elevada e melhorar produtividade e disponibilidade da área. Começou-se então por analisar as três linhas de produção, nomeadamente AA10, AA12 e AA14, de forma a determinar a linha mais crítica no que dizia respeito a sucata. De seguida, é identificada a linha onde foi feita uma análise aos defeitos que contribuíam mais para o elevado valor de sucata, e identificar onde é que eles podiam ser produzidos. Chegou-se à conclusão que as fugas eram o defeito mais problemático da linha, devido a uma má soldadura. Com isto, viu-se que a zona DS1 é que era a zona que fornecia os componentes a esta linha, pelo que era a zona de preparação onde era necessário atuar. Através da aplicação de ferramentas de melhoria contínua, identificaram-se quais os maiores problemas daquela zona e quais as suas potenciais causas. A partir daí, foi elaborado um plano de ações, de forma a minimizar ou eliminar as causas raiz do problema.

Após realizado o estudo, pode-se concluir que os objetivos propostos foram alcançados, tendo havido uma redução do valor de sucata em 12%, e aumento da produtividade da zona em 29% para a referência T.70430, 55% para a referência T.70429 e 22,5% para a referência T.70620, para um objetivo alvo de 5% em ambos. Permitiu também fazer ajustes aos objetivos da produção, da capacidade produtiva e da eficiência da zona de preparação DS1.

KEYWORDS

Automotive industry, Component industry, Scrap, Productivity, Lean

ABSTRACT

The automotive industry has become increasingly demanding globally, which requires a higher need to quickly and efficiently react to meet customer requests. As the component industry is the supplier of this competitive business, it also has to respond in the same way and provide high quality components in a short delivery time. However, even with advanced technologies being often used, it is not enough to achieve the satisfaction of the customers. In this way, the strategy is not only to improve the quality of products and increase the daily productivity of production lines, but also to increase the efficiency of machines and operators, and to reduce waste, through methods and tools that allow these objectives to be achieved.

The main goal of this study was the optimization of a preparation area for an assembly line that manufactures components for air conditioning systems, namely DS1, through the application of continuous improvement tools in order to reduce high scrap and improve the productivity and the availability of the area. The process began by analyzing the three production lines, namely AA10, AA12 and AA14, in order to determine the most critical line with regard to scrap. Having identified the critical line, an analysis was made to the defects that contributed more for the high value of scrap and to identify which machines were responsible for that production. It was concluded that a leakage was the most problematic defect of the line due to poor welding. Thus, it was seen that the zone DS1 was the zone that supplied the components to this line, indicating that this was the one of preparation where actions needed to be taken. Through the application of tools of continuous improvement, the major problems were identified in that zone and corresponding root-causes could be. From there, a plan of actions was elaborated to minimize or eliminate the root causes of the problem.

At the final, it was concluded that the proposed objectives were partially achieved, with a 12% reduction in the value of scrap and a productivity increase of the area by 29% for the reference T.70430, 55% for the reference T.70429 and 22,5% for the reference T.70620 for a target objective of 5% in both. It was also possible to make adjustments to the production objectives, the production capacity and the efficiency of the DS1 preparation area.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
A, B, C e D	Designação utilizada pela empresa para diferenciar os quatro turnos que operam durante 12 h/dia.
AA	Designação utilizada pela empresa para indicar as linhas de produção de Ar Condicionado.
AC	Ar Condicionado
ACAP	Associação Comércio Automóvel de Portugal
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
AICEP	Associação Internacional das Comunicações de Expressão Portuguesa
AIP	Análise Impacto de Processo
BN	<i>Bottleneck</i>
CEDAC	<i>Cause and Effect Diagram with Addition of Cards</i>
d	Atraso do balanceamento
DA	Direção Assistida
DS	Designação DS utilizada pela empresa para indicar a zona de preparação de Ar Condicionado.
E	Eficência
GCC	Gabari de Controlo Curvado
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	Tempo total de paragem de linha
MRP	<i>Manufacturing resource planning</i>
MTO	<i>Make to Order</i>
Nmin	Número mínimo de postos de trabalho
Op.	Operadores
OS	Ordem de Serviço
PIB	Produto Interno Bruto
PIC	Plano Industrial de Controlo
QTD	Quantidade
REC	Recâmbios

Ref	Referência
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
Tc	Tempo de ciclo
Ti	Tempo de operação
TPM	<i>Toyota Production Management</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TT	<i>Takt Time</i>

Lista de Unidades

Termo	Designação
m ³	Metro-Cúbico
kg	Quilogramas
s	Segundos

Lista de Símbolos

Termo	Designação
€	Euro
%	Percentagem
∑	Somatório

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
4P	Representa os quatro pilares básicos de qualquer estratégia de marketing: Produto, Preço, Praça e Promoção. Também é conhecido como <i>Marketing Mix</i> .
5 Why	Ferramenta de simples implementação, utilizada na resolução de problemas, identificação e exploração das causas-raiz dos mesmos.
5S	Conceito que tem como base as cinco palavras japonesas cujas iniciais formam o nome do programa. As palavras são <i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu</i> e <i>Shitsuke</i> . Trata-se de um conjunto de ferramentas utilizadas por uma empresa para promover a qualidade.
Análise ABC	Método para classificar itens, eventos ou atividades de acordo com a sua importância relativa.
<i>Bottleneck</i>	Posto com o tempo de ciclo mais elevado numa linha de produção/montagem.
Embutição	Nome utilizado na empresa para o processo de conformação plástica do tubo até à sua forma final.
<i>Heinjuka</i>	Significa nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período de tempo fixo. Isso permite que a produção atenda de forma eficiente aos pedidos dos clientes.
<i>Jidoka</i>	Qualidade na fonte, motivação, automação com inteligência humana.
<i>Just-in-time</i>	É um sistema que tem por objetivo produzir exatamente a quantidade necessária, sem excesso e de forma rápida, transportando o produto para o lugar certo, no tempo desejado.
<i>Kaizen</i>	Mudança para melhor, usada para transmitir a noção de melhoria contínua na vida em geral, seja ela pessoal, familiar, social e no trabalho
<i>Kanban</i>	Conceito relacionado com a utilização de cartões (post-it e outros) para indicar o progresso dos fluxos de produção nas empresas de produção em série.
<i>Layout</i>	É uma representação gráfica do chão de fábrica. É uma técnica utilizada para definir a distribuição e disposição física dos componentes da área de produção.
<i>Lean</i>	É uma filosofia de gestão sustentada em princípios e práticas visando a eliminação de desperdícios e, conseqüente, adição de valor, sendo um processo de melhoria contínua que envolve toda a organização.
Obús	Nome utilizado na empresa para designar o mecanismo existente no interior da válvula.

<i>O-Rings</i>	Componente também conhecido como junta tórica. O O-ring, ou anel de vedação, é utilizado pela empresa em estudo para vedar as extremidades dos sistemas de ar condicionado que são fabricados.
<i>Poka-Yoke</i>	Dispositivo a prova de erros, com a finalidade de evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabrico e/ou na utilização de produtos.
<i>Pull</i>	Modelo onde a produção numa empresa começa antes da ocorrência do pedido do produto. Ou seja, a produção depende de uma ordem anteriormente enviada, geralmente advinda de um sistema MRP (<i>Material Requirement Planning</i>).
<i>Push</i>	Sistema de produção tradicional, onde a produção é realizada num instante de tempo específico e com uma data bem definida.
Seis Sigma	Conjunto de práticas originalmente desenvolvidas pela Motorola para melhorar sistematicamente os processos, ao eliminar defeitos.
<i>Shopstock</i>	Sistema de optimização da logística interna entre a linha de produção e a linha de montagem, que permite maximizar o recurso ao espaço disponível, composto por dois elementos.
<i>SMED</i>	Conjunto de técnicas pertencentes ao <i>Lean</i> , que visam reduzir o tempo de <i>setup</i> de uma máquina.
<i>Standards</i>	Estabelecimento de procedimentos precisos para o trabalho de cada um dos operadores num processo de produção.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - FASES DO DESENVOLVIMENTO DA DISSERTAÇÃO (AUTOR).	4
FIGURA 2 - LINHA DO TEMPO DA EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL (ADAPTADO DE [6]).	10
FIGURA 3 – CASA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA (ADAPTADO DE [7]).	11
FIGURA 4 - VENDA DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS EM PORTUGAL DE 1974 ATÉ 2017 (ADAPTADO DE [12]).	13
FIGURA 5 - DESTINO DAS EXPORTAÇÕES EM VALORES PERCENTUAIS, REFERENTES AO ANO DE 2015 (ADAPTADO DE [10]).	14
FIGURA 6 - PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS NA EUROPA EM 2017 (ADAPTADO DE [14]).	15
FIGURA 7 - AS CINCO FORÇAS CONCORRÊNCIAIS DE PORTER [38].	19
FIGURA 8 – ADOÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 POR SETOR (ADAPTADO DE [44]).	21
FIGURA 9 – EXEMPLOS DE FLUXOGRAMAS [50].	24
FIGURA 10 – DIAGRAMA DE PARETO [52].	25
FIGURA 11 – EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE ISHIKAWA DO TIPO 6M (ADAPTADO DE [54]).	27
FIGURA 12 – UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA 5 PORQUÊS NUM PROBLEMA DE PRODUÇÃO (ADAPTADO DE [59]).	29
FIGURA 13 – DIAGRAMA HOMEM-MÁQUINA (EMPRESA EM ESTUDO).	32
FIGURA 14 – CICLO PDCA [74].	34
FIGURA 15 - QUADRO ANDON [78].	35
FIGURA 16 - SEMÁFORO ANDON (ADAPTADO DE [79]).	36
FIGURA 17 - EXEMPLO DE UM CARTÃO <i>KANBAN</i> [75].	36
FIGURA 18 - SISTEMA <i>KANBAN</i> [80].	37
FIGURA 19 – EXEMPLO DE UM SUPERMERCADO (EMPRESA EM ESTUDO).	37
FIGURA 20 – EXEMPLO DE UM MILK-RUN [81].	37
FIGURA 21 – MARCAÇÃO DO CHÃO [75].	38
FIGURA 22 – EXEMPLO DA SOMBRA DO LOCAL DA FERRAMENTA SEM ELA (A) E COM ELA (B) (EMPRESA EM ESTUDO).	38
FIGURA 23 – ORGANIGRAMA DA EMPRESA (EMPRESA EM ESTUDO).	43
FIGURA 24 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA PRODUÇÃO PARA AR CONDICIONADO E DIREÇÕES ASSISTIDAS (EMPRESA EM ESTUDO).	44
FIGURA 25 – VOLUME DE PRODUÇÃO POR CLIENTE (EMPRESA EM ESTUDO).	44
FIGURA 26 – QUOTA PERCENTUAL DA SUCATA NAS LINHAS DE PRODUÇÃO (AUTORIA PRÓPRIA).	46
FIGURA 27 – PARETO DE DEFEITOS NA LINHA DE PRODUÇÃO AA12 (AUTORIA PRÓPRIA).	47
FIGURA 28 – PARETO DE FUGAS POR REFERÊNCIA NA LINHA AA12 (AUTORIA PRÓPRIA).	48
FIGURA 29 – PRODUÇÃO VS FUGAS NA REFERÊNCIA T.70430 (AUTORIA PRÓPRIA).	48

FIGURA 30 – PRODUÇÃO VS FUGAS PARA A REFERÊNCIA T.70429 (AUTORIA PRÓPRIA).	49
FIGURA 31 – PRODUÇÃO VS FUGAS PARA A REFERÊNCIA T.70620 (AUTORIA PRÓPRIA).	49
FIGURA 32 – ZONA SOLDADA NA REFERÊNCIA T.70430 (EMPRESA EM ESTUDO).	50
FIGURA 33 – ZONA SOLDADA NA REFERÊNCIA T.70439 (EMPRESA EM ESTUDO).	50
FIGURA 34 – ZONA SOLDADA NA REFERÊNCIA T.70620 (EMPRESA EM ESTUDO).	50
FIGURA 35 – LAYOUT DA ZONA DE PREPARAÇÃO DS1 (AUTORIA PRÓPRIA).	51
FIGURA 36 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICO NA ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	52
FIGURA 37 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICO NA ZONA PRG7 (AUTORIA PRÓPRIA).	52
FIGURA 38 – EXEMPLO DE UMA PEÇA NO FIM DA EMBUTIÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 39 – PEÇA A SER SOLDADA POR INDUÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 40 – COMPONENTE A SER FURADO (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 41 – TUBO A SER CURVADO (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 42 – GABATI DE CONTROLO DE CURVATURA (GCC).	55
FIGURA 43 – EXEMPLO DE UMA MÁQUINA DE BRASAR (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 44 – MÁQUINA DE SOPRO, CURVAR MANUAL COM TESTE DE OBSTRUÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 45 – MÁQUINA DE MONTAGEM DE MECANISMO DE VÁLVULA (EMPRESA EM ESTUDO).	55
FIGURA 46 – MÁQUINA DE TESTE DE ESTANQUIDADE (EMPRESA EM ESTUDO).	56
FIGURA 47 – TIPOS DE FUGAS QUE PODEM OCORRER (AUTORIA PRÓPRIA).	57
FIGURA 48 – PERDA DE EFICIÊNCIA VS NÚMERO DE TUBOS TESTADOS FORA DE LINHA (AUTORIA PRÓPRIA).	58
FIGURA 49 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA AS FUGAS FALSAS NA LINHA DE PRODUÇÃO AA12 (AUTORIA PRÓPRIA).	58
FIGURA 50 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA A BAIXA PRODUTIVIDADE E ELEVADA SUCATA NA ZONA PRG7 (AUTORIA PRÓPRIA).	60
FIGURA 51 – ANÁLISE 5 PORQUÊS PARA A BAIXA PRODUTIVIDADE E ELEVADA SUCATA NA ZONA PRG7 (AUTORIA PRÓPRIA).	61
FIGURA 52 – EVOLUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DA MÁQUINA DE SOLDADURA POR BRASAGEM PARA A REFERÊNCIA “BORBOLETA” (AUTORIA PRÓPRIA).	63
FIGURA 53 – EVOLUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DA MÁQUINA DE SOLDADURA POR BRASAGEM PARA A REFERÊNCIA “DUPLOS” (AUTORIA PRÓPRIA).	63
FIGURA 54 – EVOLUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DA MÁQUINA DE SOLDADURA POR BRASAGEM PARA A REFERÊNCIA RENAS (AUTORIA PRÓPRIA).	64
FIGURA 55 – ÓLEO PRESENTE NAS PEÇAS NA MÁQUINA AUTOMÁTICA E SEMI-AUTOMÁTICA (EMPRESA EM ESTUDO).	65
FIGURA 56 – ÓLEO PRESENTE NAS PEÇAS NA MÁQUINA MANUAL (EMPRESA EM ESTUDO).	65
FIGURA 57 – PANO ABSORVENTE DE ÓLEO LIMPO (EMPRESA EM ESTUDO).	65
FIGURA 58 – PANO ABSORVENTE DE ÓLEO SUJO (EMPRESA EM ESTUDO).	65
FIGURA 59 – ZONA DE PREPARAÇÃO PRG7 (EMPRESA EM ESTUDO).	66

FIGURA 60 – EXEMPLO DE UM TUBO DA FAMÍLIA "NT" (EMPRESA E AUTORIA PRÓPRIA).	67
FIGURA 61 – EXEMPLO DE UM TUBO DA FAMÍLIA "T" (EMPRESA EM ESTUDO).	67
FIGURA 62 – VALOR MENSAL DE SUCATA DE FEVEREIRO ATÉ JULHO (AUTORIA PRÓPRIA).	67
FIGURA 63 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA O PROBLEMA DA SUCATA ELEVADA NA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	68
FIGURA 64 – ANÁLISE 5 PORQUÊS PARA A ELEVADA SUCATA NA ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	69
FIGURA 65 – COLOCADOR DE SOLDADURA CENTRADO (A) E COLOCADOR DESCENTRADO (B) (EMPRESA EM ESTUDO).	70
FIGURA 66 – EXEMPLO DE COMO AS REFERÊNCIAS SÃO REJEITADAS (EMPRESA EM ESTUDO).	71
FIGURA 67 – DIAGRAMA DE FLUXO PARA A REFERÊNCIA P9531016 (AUTORIA PRÓPRIA).	72
FIGURA 68 – CONFORMAÇÃO EM SELA DE CAVALO (EMPRESA EM ESTUDO).	75
FIGURA 69 – POSICIONAMENTO DA ANILHA NOS TUBOS PARA SOLDAR (EMPRESA EM ESTUDO).	75
FIGURA 70 – ANILHA OXIDADA (A) E O QUE PODE ORIGINAR NO TUBO (B) (EMPRESA EM ESTUDO).	76
FIGURA 71 – PARETO DE PARAGENS NA ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	77
FIGURA 72 – PARTE DO TUBO CORTADO NA ZONA DA VÁLVULA (EMPRESA EM ESTUDO).	78
FIGURA 73 – TUBO CORTADO A MEIO PARA VERIFICAR A QUALIDADE DA SOLDADURA (EMPRESA EM ESTUDO).	79
FIGURA 74 – IDENTIFICAÇÃO DA IMPORTÂNCIA E DA PRIORIDADE DE UMA AÇÃO (AUTORIA PRÓPRIA).	79
FIGURA 75 – ALTERAÇÃO DAS LIGAÇÕES DA MÁQUINA DE SOLDADURA POR BRASAGEM (EMPRESA EM ESTUDO).	81
FIGURA 76 – CARROS DE SOLDADURA (EMPRESA EM ESTUDO).	82
FIGURA 77 – DESCRIÇÃO DA AIP (AUTORIA PRÓPRIA).	83
FIGURA 78 – EXEMPLO DE UMA AJUDA VISUAL (AUTORIA PRÓPRIA).	83
FIGURA 79 – ESCALA PARA FACILITAR A REGULAÇÃO DO OXIGÊNIO (AUTORIA PRÓPRIA).	84
FIGURA 80 – REDUÇÃO DO TEMPO DE MÁQUINA NA REFERÊNCIA "BORBOLETA" (AUTORIA PRÓPRIA).	88
FIGURA 81 – REDUÇÃO DO TEMPO DE MÁQUINA NA REFERÊNCIA "DUPLOS" (AUTORIA PRÓPRIA).	89
FIGURA 82 – REDUÇÃO DO TEMPO DE MÁQUINA NA REFERÊNCIA "RENA" (AUTORIA PRÓPRIA).	89
FIGURA 83 – PERCENTAGEM DE SUCATA NO PERÍODO INICIAL NA ZONA PRG7 (AUTORIA PRÓPRIA).	90
FIGURA 84 – PERCENTAGEM DE SUCATA NO PERÍODO ATUAL NA ZONA PRG7 (AUTORIA PRÓPRIA).	90
FIGURA 85 – EVOLUÇÃO DA SUCATA MAL REGISTADA (AUTORIA PRÓPRIA).	91
FIGURA 86 - PERCENTAGEM DE SUCATA NO PERÍODO INICIAL NA ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	91
FIGURA 87 – PERCENTAGEM DE SUCATA APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES (AUTORIA PRÓPRIA).	91
FIGURA 88 – VALOR MENSAL DE SUCATA APÓS IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES (AUTORIA PRÓPRIA).	92
FIGURA 89 – QUADRO DE SEGUIMENTO DE PRODUÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	95
FIGURA 90 – CARTÕES UTILIZADOS NO QUADRO DE SEGUIMENTO DE PRODUÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	96
FIGURA 91 – PAINEL GESTÃO VISUAL PARAGEM DE MÁQUINA (EMPRESA EM ESTUDO).	97

FIGURA 92 – EXEMPLO DE CARTÃO VERDE UTILIZADO PARA MÁQUINA EM PRODUÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	98
FIGURA 93 – EXEMPLO DE CARTÃO AMARELO UTILIZADO PARA MÁQUINA EM PREPARAÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	98
FIGURA 94 – EXEMPLO DE CARTÃO VERMELHO UTILIZADO PARA MÁQUINA EM MANUTENÇÃO (EMPRESA EM ESTUDO).	98

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PERCURSO HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO (AUTORIA PRÓPRIA).	9
TABELA 2 – OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS (ADAPTADO DE [8]).	12
TABELA 3 - DEFINIÇÃO DE QUALIDADE SEGUNDO DIVERSOS AUTORES (AUTORIA PRÓPRIA).	16
TABELA 4 - DIMENSÕES DA COMPETITIVIDADE [31].	18
TABELA 5 – DESCRIÇÃO SUMÁRIA DAS CINCO FORÇAS DE PORTER [38].	19
TABELA 6 – AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE [47].	22
TABELA 7 – DESCRIÇÃO DAS RESPONSABILIDADES DE CADA DEPARTAMENTO (EMPRESA EM ESTUDO).	41
TABELA 8 – DESCRIÇÃO DAS RESPONSABILIDADES DE CADA DEPARTAMENTO (CONTINUAÇÃO) (EMPRESA EM ESTUDO).	42
TABELA 9 – TABELA RESUMO DO CUSTO DE REJEIÇÃO EM CADA LINHA DE PRODUÇÃO NO PERÍODO EM ANÁLISE (AUTORIA PRÓPRIA).	45
TABELA 10 – DEFEITOS ENCONTRADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO AA12 (AUTORIA PRÓPRIA).	46
TABELA 11 – DEFEITOS ENCONTRADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO AA12 (CONTINUAÇÃO) (AUTORIA PRÓPRIA).	47
TABELA 12 – SEPARAÇÃO DAS REFERÊNCIAS POR FAMÍLIAS (AUTORIA PRÓPRIA).	52
TABELA 13 – DESCRIÇÃO GERAL DE CADA ETAPA DO PROCESSO PRODUTIVO (AUTORIA PRÓPRIA).	53
TABELA 14 – DESCRIÇÃO GERAL DE CADA ETAPA DO PROCESSO PRODUTIVO (CONTINUAÇÃO) (AUTORIA PRÓPRIA).	54
TABELA 15 – DESCRIÇÃO DE CADA POTENCIAL CAUSA (AUTORIA PRÓPRIA).	59
TABELA 16 – EVOLUÇÃO DO TEMPO MÉDIO DA CICLO NA MÁQUINA DE SOLDADURA POR BRASAGEM, EM SEGUNDOS (AUTORIA PRÓPRIA).	62
TABELA 17 – REFERÊNCIAS REJEITADAS EM CADA FASE DO PROCESSO (AUTORIA PRÓPRIA).	73
TABELA 18 - VALOR DE SUCATA DO DIA 4 DE MAIO DE 2018 (AUTORIA PRÓPRIA).	73
TABELA 19 – CORREÇÃO DO VALOR DE SUCATA DO DIA 4 DE MAIO DE 2018 (AUTORIA PRÓPRIA).	74
TABELA 20 – TESTES REALIZADOS PARA A ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	77
TABELA 21 – TESTES REALIZADOS PARA A ZONA PRG6 (CONTINUAÇÃO) (AUTORIA PRÓPRIA).	78
TABELA 22 – PLANO DE AÇÕES PARA O PROBLEMA DA SUCATA E BAIXA PRODUTIVIDADE NA ZONA PRG7 (AUTORIA PRÓPRIA).	80
TABELA 23 – PLANO DE AÇÕES PARA O PROBLEMA DA SUCATA E BAIXA PRODUTIVIDADE NA ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	80
TABELA 24 – MUDANÇA DO PLANEAMENTO DA MÁQUINA DE LAVAR (AUTORIA PRÓPRIA).	84
TABELA 25 – PEDIDOS DOS CLIENTES PARA A ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	85
TABELA 26 – SITUAÇÃO INICIAL PARA A PRODUÇÃO/HORA NA ZONA PRG6 (AUTORIA PRÓPRIA).	85
TABELA 27 – RECOLHA DE TEMPOS PARA O POSTO 1 NA REFERÊNCIA T (AUTORIA PRÓPRIA).	86
TABELA 28 – RECOLHA DE TEMPOS PARA O POSTO 2 NA REFERÊNCIA T (AUTORIA PRÓPRIA).	86

TABELA 29 – RECOLHA DE TEMPOS PARA O POSTO 1 NA REFERÊNCIA NT (AUTORIA PRÓPRIA).	87
TABELA 30 – RECOLHA DE TEMPOS PARA O POSTO 2 NA REFERÊNCIA NT (AUTORIA PRÓPRIA).	87
TABELA 31 – REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO, EM SEGUNDOS (AUTORIA PRÓPRIA).	88
TABELA 32 – GANHO DO NÚMERO DE PEÇAS/HORA APÓS A MELHORIA (AUTORIA PRÓPRIA).	89
TABELA 33 – RESULTADOS DA AIP E EVOLUÇÃO DO MAU REGISTO DE SUCATA (AUTORIA PRÓPRIA).	90
TABELA 34 – MELHORIA OBTIDA NA ZONA PRG6 RELATIVAMENTE AO VALOR DA SUCATA (AUTORIA PRÓPRIA).	92
TABELA 35 – RESUMO DO BALANCEAMENTO INICIAL (AUTORIA PRÓPRIA).	92
TABELA 36 – CONCLUSÕES E RESULTADOS OBTIDOS (AUTORIA PRÓPRIA).	104

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização.....	3
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Metodologia utilizada na dissertação	4
1.4	Estrutura da dissertação.....	5
1.5	Empresa de acolhimento	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Indústria automóvel.....	9
2.2	Importância do setor na economia nacional e mundial	13
2.2.1	Pilares da indústria automóvel.....	15
2.2.2	Automatização na Indústria Automóvel	20
2.3	Ferramentas da qualidade	21
2.3.1	Fluxograma	23
2.3.2	Diagrama de Pareto	24
2.3.3	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	26
2.3.4	<i>5 Why's</i> (5 Porquês)	28
2.4	Ferramentas de gestão.....	29
2.4.1	Balanceamento de linhas.....	30
2.5	Ferramentas de melhoria contínua	33
2.5.1	Ciclo <i>Plan, Do, Check, Act</i> (PDCA)	34
2.5.2	Gestão Visual.....	35
3	DESENVOLVIMENTO	41
3.1	Apresentação da empresa	41

3.2	Caracterização do problema	45
3.3	Apresentação da zona de preparação e do processo produtivo	50
3.4	Análise dos problemas e testes realizados	56
3.4.1	Baixa produtividade na zona PRG7	56
3.4.2	Baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG6	67
3.4.3	Testes realizados na zona PRG6	77
3.5	Plano de ações	79
3.6	Implementação das ações	81
3.6.1	Baixa produtividade na zona PRG7	81
3.6.2	Baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG6	82
3.7	Resultados obtidos	87
3.7.1	Resultados – Zona PRG7	88
3.7.2	Resultados – Zona PRG6	90
3.8	Discussão dos resultados obtidos	93
3.8.1	Zona PRG7	93
3.8.2	Zona PRG6	93
3.9	Outros trabalhos realizados	95
3.9.1	Gestão Visual Produção	95
3.9.2	Gestão Visual de Paragem de Máquina	97
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	103
4.1	Conclusões	103
4.2	Competências adquiridas através do estágio e da realização da dissertação	104
4.3	Proposta de trabalhos futuros	105
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	109
6	ANEXOS	117
6.1	Anexo I - Simbologia do Fluxograma	117
6.2	Anexo II - Códigos de Defeito	120
6.3	Anexo III – Ajuda Visual	122

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia utilizada na dissertação

1.4 Estrutura da dissertação

1.5 Empresa de acolhimento

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O conceito *Lean Thinking* aparece no início da década de 80 baseado no *Toyota Production System* (TPS), e afirmou-se como o novo paradigma de produção, em contraposição ao paradigma tradicional de produção em massa. O termo *lean* ficou mundialmente conhecido depois da publicação do livro “A máquina de mudou o mundo” em 1990 [1]. Podem ser encontrados vários exemplos deste método disseminados por vários setores industriais. A aplicação deste novo sistema é conseguida e suportada por ferramentas e metodologias que permitem a sua implementação e manutenção. São chamadas de ferramentas *lean*, e com elas é possível aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios.

Segundo a Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA), a indústria de componentes representa cerca de 15% das exportações portuguesas [2]. Ora, sendo a indústria de componentes a fornecedora dos produtos para a indústria automóvel, é normal que esta tenha de corresponder, de igual forma ou superior, às exigências dos seus clientes, em termos de qualidade e prazo de entrega. Assim sendo, é imprescindível ter controlo sobre os processos de fabrico, de forma a produzir o que é necessário com o menor número de recursos. Isto consegue-se através da aplicação de ferramentas *lean* [3].

O tema tratado nesta dissertação retrata um problema com o qual a empresa se tem vindo a deparar. Desta forma, foi proposta a análise e a melhoria da zona em causa, tendo em consideração alguns indicadores, tais como percentagem de sucata, capacidade e eficiência, aplicando ferramentas *lean*. O tema abordado neste trabalho vem no seguimento da necessidade contínua da empresa em otimizar os seus indicadores e os processos produtivos, aumentando a eficiência e capacidade, reduzindo retrabalho e sucata.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do trabalho é a otimização de uma zona de preparação de uma linha de montagem. Os indicadores a ter em conta são a percentagem de sucata e a capacidade produtiva, sendo os objetivos propostos pelo diretor de produção, os seguintes:

- Redução da sucata proveniente da zona de preparação em 5% uma vez que o histórico de custos de rejeição dessa zona é bastante elevado;
- Aumento da produtividade da zona em 5%, através da análise do processo e dos equipamentos, e propor ações que vão de encontro a este objetivo;

1.3 Metodologia utilizada na dissertação

O desenvolvimento do trabalho deu-se ao longo de seis fases apresentadas na Figura 1.

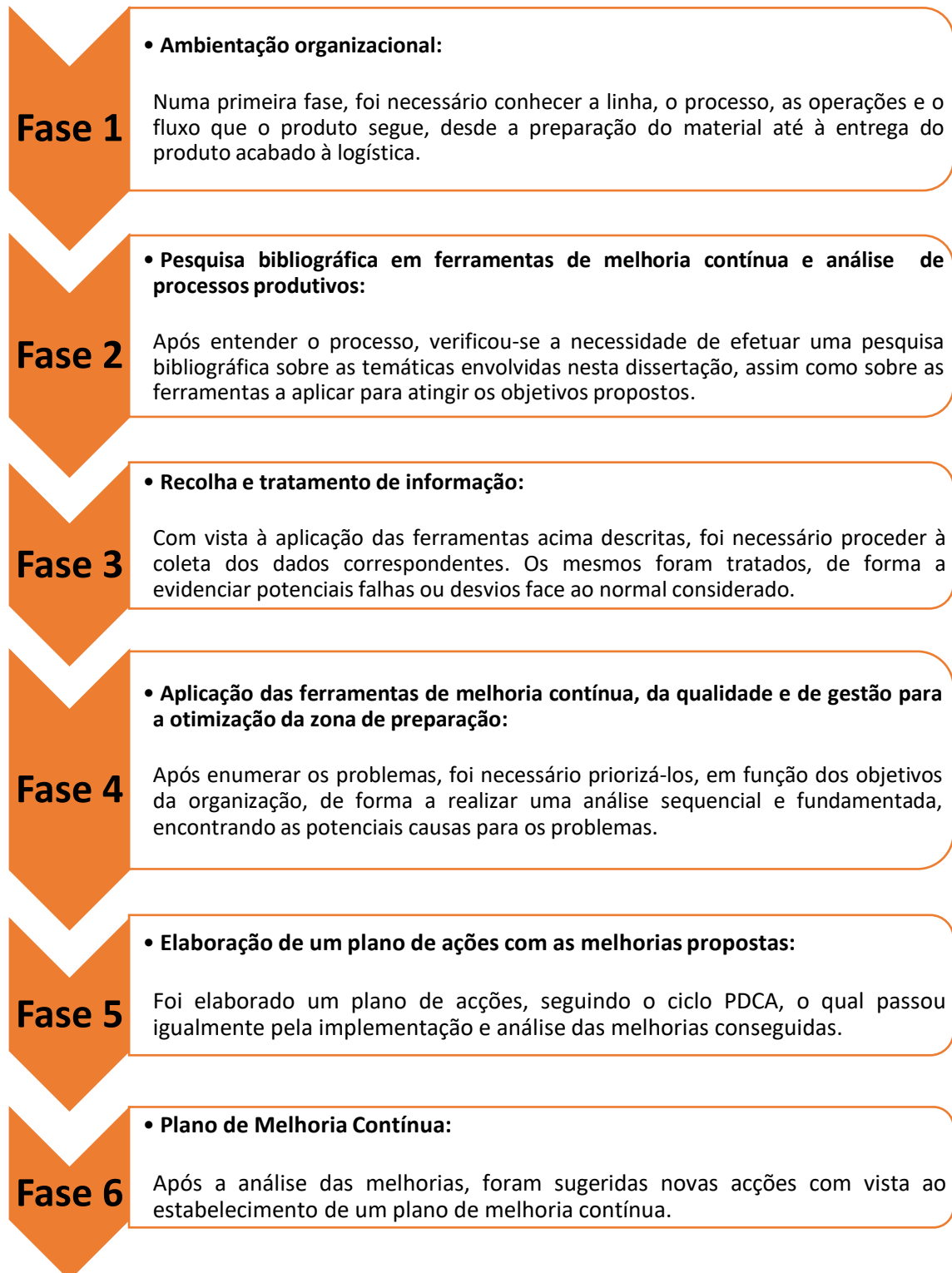


Figura 1 - Fases do desenvolvimento da dissertação (Autor).

1.4 Estrutura da dissertação

Este trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos. O primeiro aborda a introdução do trabalho, o segundo é relativo à pesquisa bibliográfica, o terceiro remete para o caso de estudo e por fim o quarto e último capítulo aborda as conclusões, competências adquiridas e propostas de trabalhos futuros.

No primeiro capítulo é realizada uma contextualização ao tema em estudo, onde são definidos os objetivos que se pretendem atingir. É explicitada a metodologia que foi usada na elaboração da dissertação, a sua estrutura, e uma pequena referência à empresa que possibilitou a realização deste trabalho em ambiente empresarial.

No segundo capítulo, é elaborada a revisão bibliográfica, com o objetivo de dar a entender ao leitor os temas e as ferramentas que são usados ao longo da dissertação. Este capítulo é dividido em quatro subcapítulos. Numa primeira fase, é feita uma introdução do tema da indústria automóvel, evidenciando a importância do setor para a economia a nível nacional e mundial, os seus pilares (qualidade, produtividade e prazo de entrega) e sobre a automatização de processos na indústria. De seguida são apresentados os conceitos sobre as ferramentas da qualidade, de gestão e de melhoria contínua que foram utilizadas para a resolução do problema apresentado na parte prática desta dissertação.

No terceiro capítulo, é descrito o desenvolvimento de todo o trabalho prático realizado. Em primeiro lugar é feita uma descrição mais detalhada da empresa. De seguida, e utilizando ferramentas *lean*, é descrito o problema e feita uma análise crítica da situação inicial. Perante os problemas encontrados, serão determinadas as causas que os originam e implementadas ações que vão de encontro com os objetivos propostos através de um plano de ações. Após isso, é feito um balanço entre a situação inicial e a situação obtida após a implementação das ações, para verificar qual o grau de melhoria conseguido.

No quarto e último capítulo, encontram-se as conclusões retiradas com a realização desta dissertação, das competências que foram adquiridas por esta dissertação ser realizada em ambiente empresarial e sugestões de trabalhos futuros com a continuação da aplicação destas ferramentas na área.

1.5 Empresa de acolhimento

Esta dissertação foi realizada em ambiente empresarial, através de um estágio curricular ao abrigo de um protocolo entre o ISEP e a empresa acolhedora, com uma duração de nove meses (desde 15 de janeiro de 2018 até 15 de outubro de 2018). A empresa está localizada em Campo, Valongo, e dedica-se à produção de componentes para a indústria automóvel como *tier 1*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

2.2 Importância do setor na economia nacional e mundial

2.3 Ferramentas da qualidade

2.4 Ferramentas de gestão

2.5 Ferramentas de melhoria contínua

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

A indústria automóvel é considerada um dos setores mais exigentes no mercado global, tendo como consequência um aumento contínuo da produtividade. Para que isso seja possível, há que otimizar os produtos e/ou os processos produtivos, de forma a conseguir ser competitivo face à concorrência [4]. Atualmente, ter um automóvel é considerado uma posse padrão entre os consumidores. No entanto, aquilo que conhecemos hoje em dia como um carro, foi criado através de uma série de invenções durante um longo período de tempo. A Tabela 1 mostra o percurso histórico dos sistemas de produção e a Figura 2 a linha do tempo sobre o tema da indústria automóvel.

Tabela 1 - Percurso histórico dos sistemas de produção (Autoria Própria).

Autor	Ano	Descrição
(Rosa, Silva, & Ferreira, 2017) [4]	1880	Produção artesanal. Fornecia aos clientes exatamente o que pretendiam, no entanto os tempos de espera e os custos eram bastante elevados.
(Luis Fonseca, 2016) [5]	1900	Introdução do estudo de tempos e métodos e implementação do controlo da qualidade. Tais incluem métodos normalizados para desempenhar cada tarefa, a especialização do trabalho, incentivos em função da quantidade produzida, entre outros.
(Rosa et al., 2017) [4]	1910-1920	Henry Ford implementou a produção em massa, quando considerou um padrão para o fluxo de produção. Houve uma redução drástica dos custos e do preço dos automóveis, no entanto, os clientes ficaram drasticamente limitados em termos de opções de escolha.
(Luis Fonseca, 2016) [5]	1940-1960	Introdução da <i>Total Quality Management</i> (TQM). Enfoque no cliente e melhoria contínua. Controlo estatístico e ferramentas básicas da qualidade.
(Luis Fonseca, 2016) [5]	1950	Introdução do <i>Toyota Production System</i> (TPS). Filosofia <i>Just-in-Time</i> na redução dramática dos <i>stocks</i> . Redução dos tempos de <i>setup</i> , Foco na produção nivelada e encomendas frequentes, na melhoria contínua e nas células de fabrico (eliminação de desperdícios e na melhoria da qualidade). Parcerias com fornecedores e clientes (sistema <i>Pull</i> e <i>Kanban</i>).

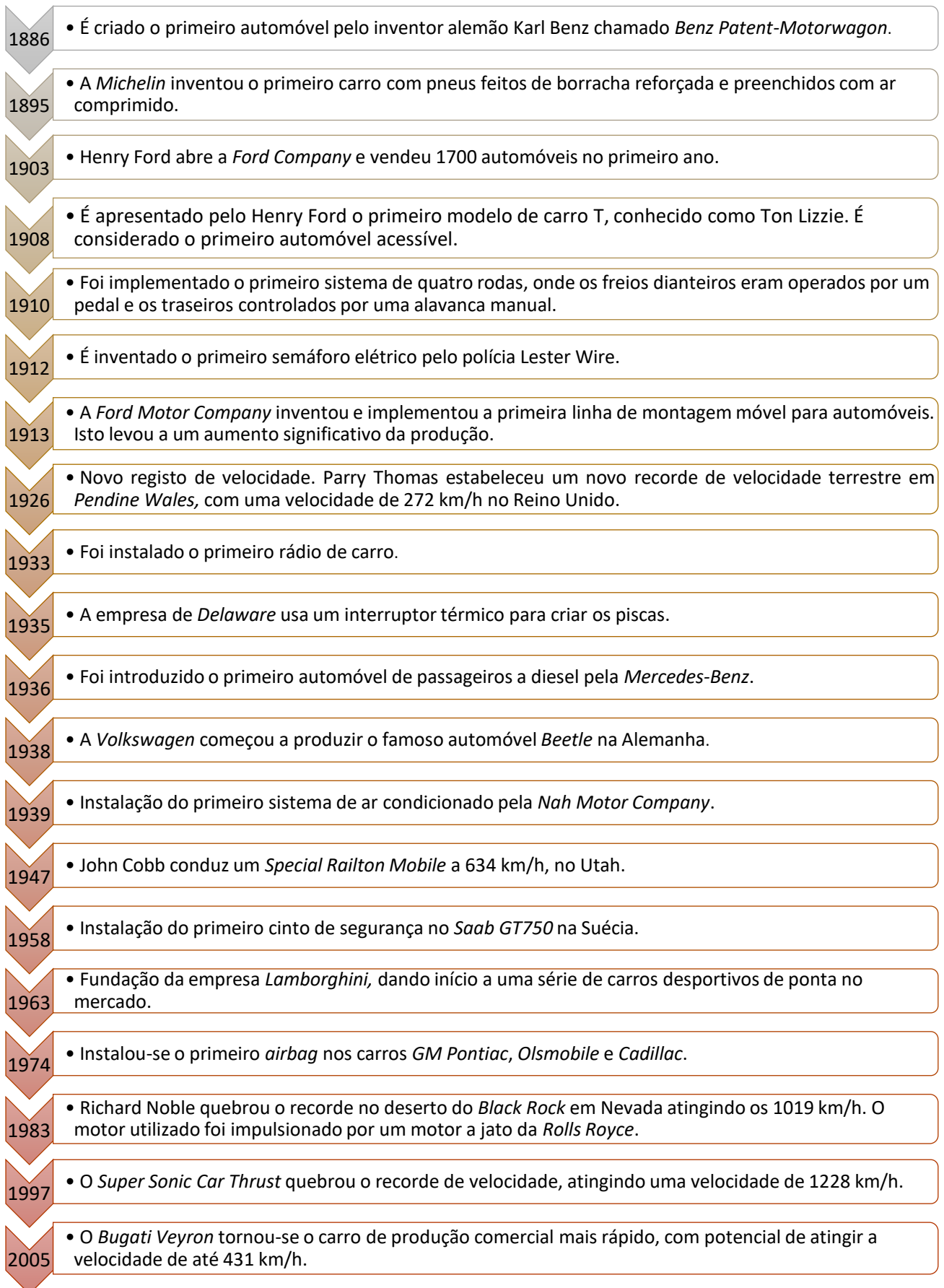


Figura 2 - Linha do tempo da evolução da indústria automóvel (Adaptado de [6]).

O TPS, baseia-se numa abordagem sistemática de identificação e eliminação de desperdícios com o objetivo de se atingir a qualidade total e a satisfação do cliente. A Figura 3 mostra uma visão geral deste sistema.

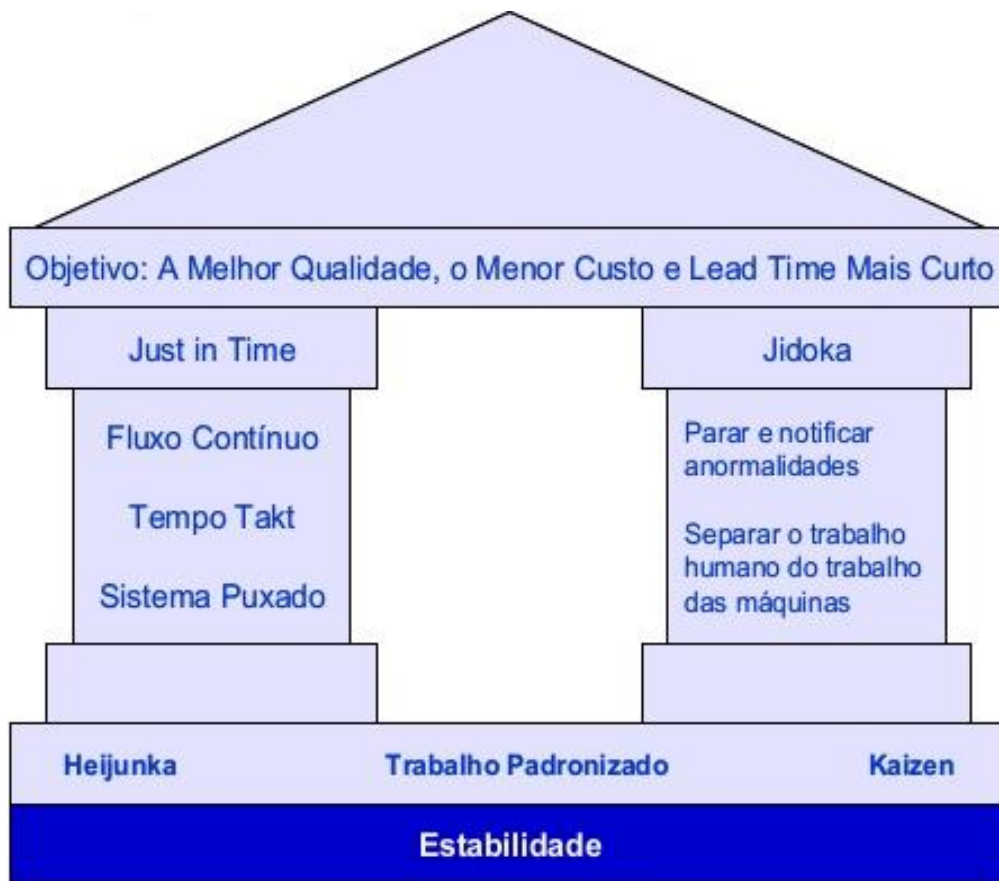


Figura 3 – Casa do Sistema de Produção Toyota (Adaptado de [7]).

Considera-se como desperdício todas as atividades que não acrescentam valor ao produto final.

A Tabela 2 que se segue, mostra um resumo dos sete desperdícios considerados no *Total Productive Manufacturing* (TPM), assim como exemplos de causas e ações que podem ser tomadas para combater estes desperdícios [7] [8].

Tabela 2 – Os sete tipos de desperdícios (Adaptado de [8]).

Desperdício	Descrição	Exemplos	Causas	Ações
Defeitos	Produto fora de especificação.	Retrabalho, peças em falta, sucata.	Pessoas, Processos, Máquinas.	<i>Poka-Yoke</i> , 4P, <i>Jidoka</i> , TPM, <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.
Inventário	Excesso de inventário de matéria-prima.	Compras em excesso.	Erro no planeamento dos materiais, Falha na negociação com o fornecedor.	<i>Kanban</i> , MRP, Gestão visual, <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.
Produção em excesso	Produzir a mais do que é necessário para atender o cliente.	Processamento de lotes demasiado grandes.	Erros de previsão, <i>Setups</i> elevados, Erro na programação da produção, Produção empurrada.	<i>Kanban</i> , <i>Heinjuka</i> , SMED, TPM, MRP, Gestão visual, <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.
Tempos de espera	Tempo de espera para materiais, pessoas, equipamentos ou informações.	Pessoas paradas, procura de informação, falta de material na linha de produção.	Postos mal equilibrados, Inspeção centralizada, Falta de prioridade, Falta de comunicação, Falta de planeamento, Falta de material.	<i>Kanban</i> (programação pull), <i>Heinjuka</i> , SMED, MRP, TPM, Seis sigma, Gestão visual, <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.
Movimentos desnecessários	Movimentos de pessoas que não geram valor.	Vai e vem de pessoas.	Área de trabalho desorganizada, Falta de material, Design do posto de trabalho obsoleto, Problemas de abastecimento, Inadequado desenho de processo.	5S, Disposição do material no local exato, Design do <i>layout</i> , Seis sigma, <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.
Transportes desnecessários	Transporte de materiais/produto que não gera valor.	Mover peças para dentro e fora do armazém, mover material de um posto de trabalho para outro.	Produção de lotes grandes, Produção empurrada, <i>Layout</i> inadequado.	Sistema <i>pull</i> , <i>Kanban</i> (programação pull), <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.
Sobre-processamento	Esforço na produção da peça que não agrega valor do ponto de vista do cliente.	Limpezas frequentes das peças, marcar 2x o mesmo código.	Projeto inadequado, Desenho de processo inadequado.	4P, Seis sigma, <i>Kaizen</i> /PDCA, Ferramentas da qualidade.

2.2 Importância do setor na economia nacional e mundial

A indústria automóvel é um setor bastante importante para o desenvolvimento económico e social a nível nacional e mundial. O que antigamente simbolizava a comodidade e o poder económico das pessoas, uma vez que ter um carro não era para qualquer um, atualmente é praticamente uma necessidade [9].

Em Portugal, a indústria automóvel contribui fortemente para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, sendo um pilar importante para a economia portuguesa, representando 5,6% do PIB em 2018 [10].

Sendo considerado o setor mais representativo na indústria, o fabrico de componentes automóveis continua a gerar emprego e a exportar grande parte da sua produção. Devido ao sucesso que as empresas portuguesas deste setor têm tido a nível internacional, nota-se que existe investimento estrangeiro e também uma maior cooperação entre empresas, universidades e centros de engenharia [11].

A Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (AICEP) afirma ainda que: "A indústria automóvel em Portugal, em termos globais, é responsável por um volume de negócios de 6,5 mil milhões de euros, sendo este gerado por 417 sociedades, responsáveis por 31.700 postos de trabalho diretos." [11].

Segundo o gráfico da Figura 4, pode-se observar uma tendência crescente na venda do número de automóveis desde o ano de 1974 até 2016 [12].

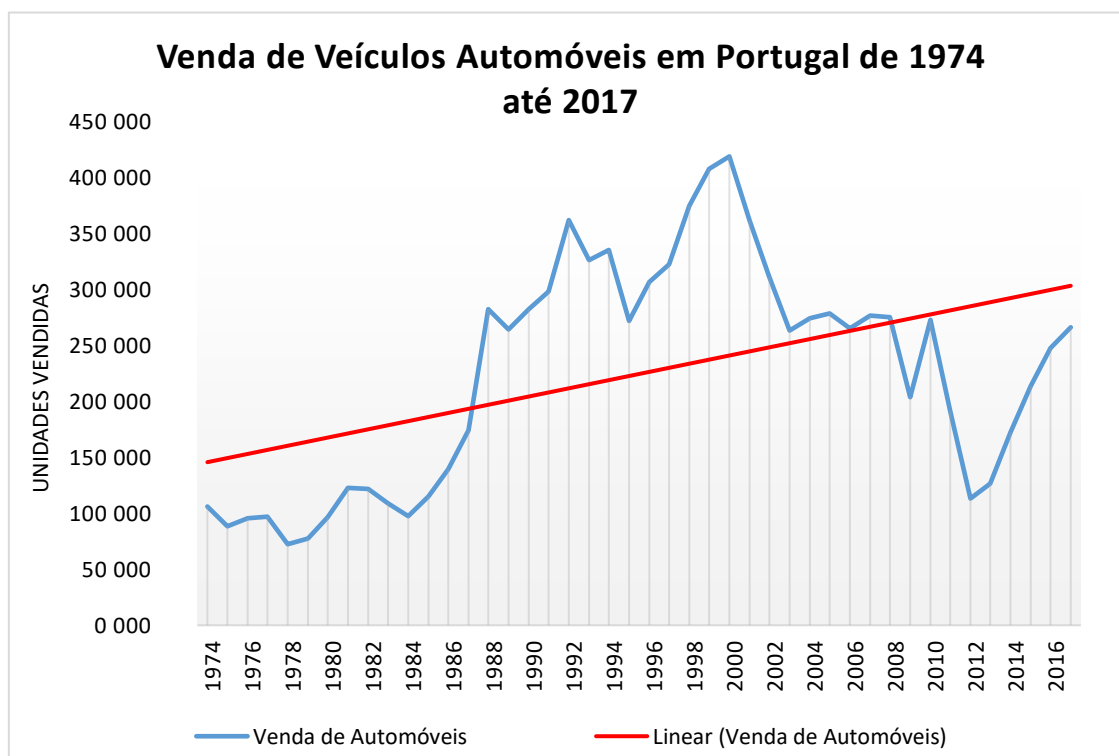


Figura 4 - Venda de Veículos Automóveis em Portugal de 1974 até 2017 (Adaptado de [12]).

A Figura 5 mostra o destino das exportações, em valores percentuais, referentes ao ano de 2015. Os principais são a Espanha, Alemanha e França.

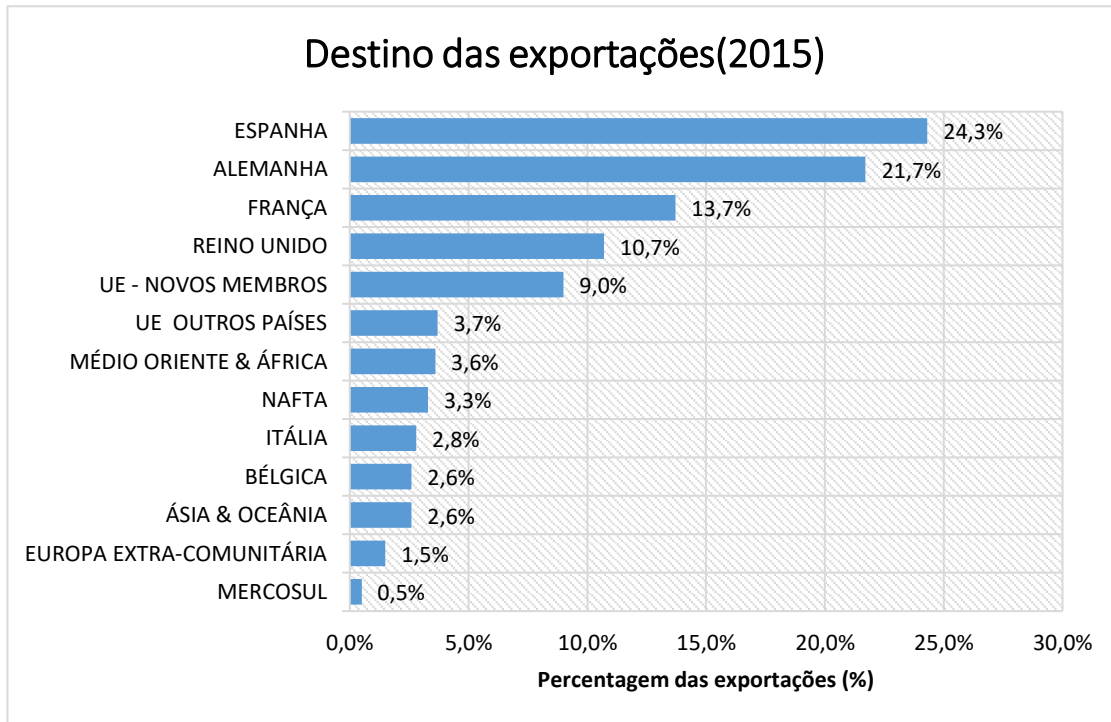


Figura 5 - Destino das exportações em valores percentuais, referentes ao ano de 2015 (Adaptado de [10]).

Já a Europa tem uma forte tradição na indústria automóvel, uma vez que alguns dos melhores automóveis do mundo foram concebidos nas suas linhas de montagem.

Segundo a Associação do Comércio Automóvel de Portugal (ACAP), esta indústria é um setor estratégico da União Europeia, abrangendo cerca de 2,3 milhões de postos de trabalho e onde aproximadamente 17,2 milhões de automóveis são fabricados a cada ano [13].

O gráfico da Figura 6 mostra a produção de automóveis na Europa no ano passado. Pode-se verificar que a Alemanha é, de longe, o país que mais automóveis vendeu, ultrapassando os 6 milhões de unidades.

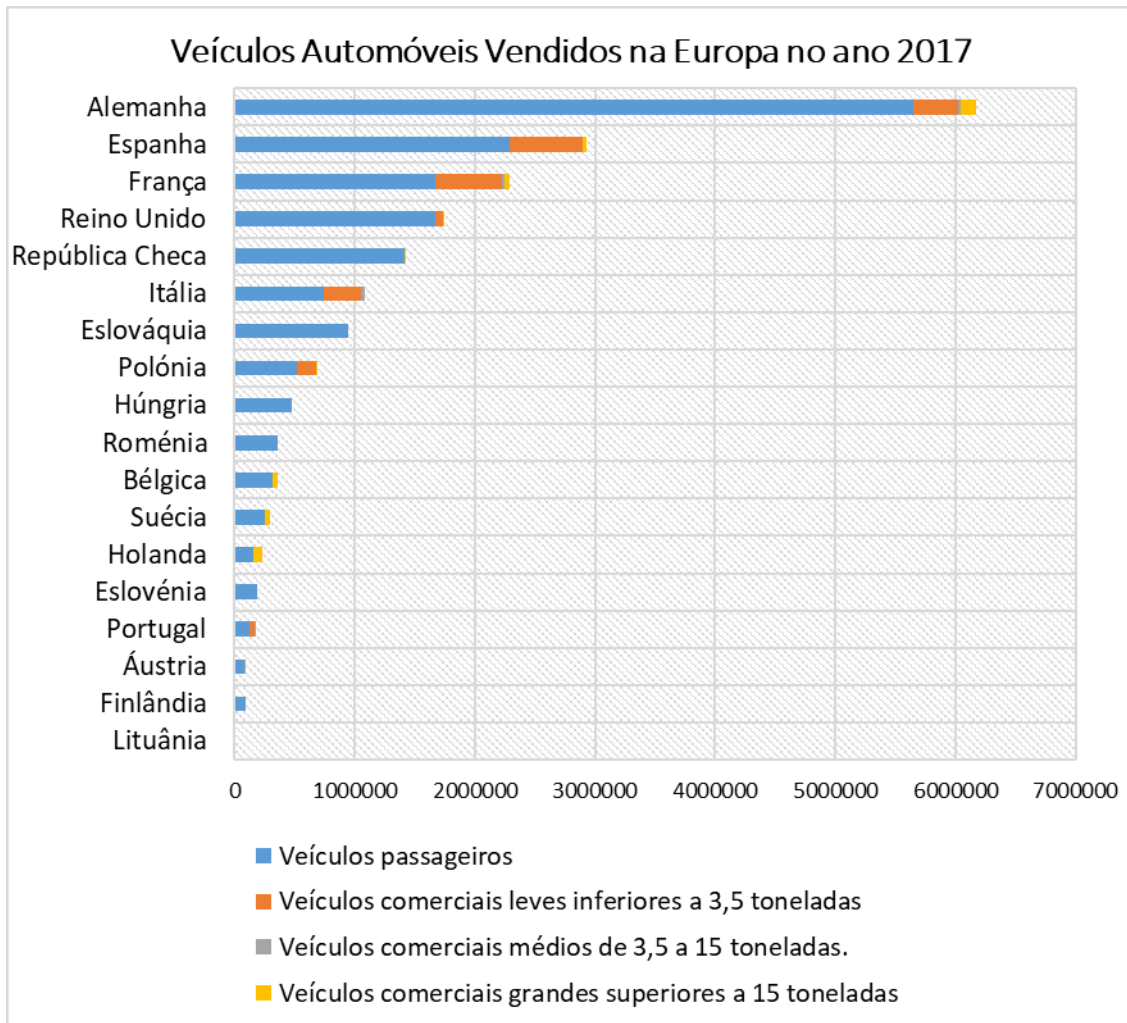


Figura 6 - Produção de automóveis na Europa em 2017 (Adaptado de [14]).

2.2.1 Pilares da indústria automóvel

Como visto anteriormente, a existência de modelos únicos permitia que se produzisse uma elevada quantidade de componentes iguais, fazendo com isso baixar o preço e tornar menos complexa a organização industrial – produção por lotes.

A necessidade de se ter prazos de entrega mais curtos e praticar preços cada vez mais competitivos, levou as empresas à aplicação de metodologias *lean* na produção, com uma filosofia *Just-in-time* [15].

Por outro lado, a necessidade de substituição de peças em qualquer parte do mundo e a exigência sempre crescente dos consumidores, elevaram os patamares de qualidade para níveis só ultrapassados pela indústria aeronáutica, aeroespacial e de defesa.

Desta forma, pode-se definir como pilares essenciais da indústria automóvel a qualidade, o prazo de entrega e a competitividade.

- **Qualidade**

Existem diversas definições para este tema. A Tabela 3 mostra as definições mais recorrentes sobre o que é a qualidade.

Tabela 3 - Definição de qualidade segundo diversos autores (Autoria Própria).

Autor	Definição
(American Society for Quality – ASQ / The American National Standards Institute – ANSI, 1978) [16]	“A totalidade dos requisitos e características de um produto ou serviço que estabelecem a sua capacidade de satisfazer determinadas necessidades”.
(NBR-ISO, 9000:2000) [17]	“Totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades implícitas e explícitas”.
(Joseph Moses JURAN,1992) [18]	“Qualidade é a ausência de deficiências”.
(Armand Vallin FEIGENBAUM,1994) [19]	“Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda a série de fatores relacionados com <i>marketing</i> , projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário”.
(Philip Bayard CROSBY, 1986) [20]	“Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações”.
(William Edwards DEMING,1993) [21]	“Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”.
(Kaoru ISHIKAWA,1993) [22]	“Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto que é mais económico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”.
(Vicente FALCONI,1992) [23]	“Um produto ou serviço de qualidade, é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo, às necessidades do cliente”.
(ISO 9000:2015) [24]	“Grau de satisfação dos requisitos dado por um conjunto de características intrínsecas de um objeto”.

Segundo Gualtar [25], torna-se evidente a ligação entre a definição do conceito de qualidade e do valor que é atribuído ao produto. Como o autor refere citando Anupindi [26] e Jocou [27], pode-se considerar três atributos chave:

1. **Custo** – valor que o consumidor está disposto a pagar pelo produto;
2. **Prazos de entrega** – tempo de espera até à receção do produto e que satisfaz as necessidades do consumidor;
3. **Qualidade**.

Assim sendo, o valor do produto será resultado de uma ponderação entre estes três atributos com base na atribuição de um peso a cada um deles por parte do consumidor.

Cada vez mais os clientes exigem que os fornecedores pertencentes à indústria automóvel estejam certificados quanto à qualidade dos produtos que recebem. Desta forma, foram criados vários *standards* que os fornecedores têm de cumprir. No entanto, estes documentos não eram reconhecidos mutuamente, dificultando as tarefas de certificação [15].

Com a necessidade de harmonizar os diferentes sistemas de avaliação e de certificação em todo o mundo na cadeia de fornecimento para o setor automóvel, surgiu o *International Automotive Task Force* (IATF) em 1999. Esta conta com um conjunto de técnicas e métodos para o desenvolvimento de produtos e processos para o fabrico de produtos do setor automóvel a nível mundial. Segundo Blair [28], embora a necessidade de satisfazer os requisitos específicos do cliente já tenha sido mencionada em todo o documento da Organização Internacional de Normalização (ISO), a IATF 16949 desenvolvem a necessidade de avaliar os requisitos do cliente e incluí-los no sistema de gestão da organização, quando aplicável [29].

A primeira publicação da IATF data do ano de 1999, tendo usado por base a norma ISO 9001:1994. Em 2002 passou por uma revisão, para se adaptar para a nova estrutura ISO 9001:2000 e em 2009, novamente para incluir requisitos da ISO 9001:2008. Neste momento, já está revista e alinhada com o pensamento baseado no risco da nova ISO 9001:2015, procurando prevenir problemas antes da sua ocorrência [30]. Para isso:

1. Foi dado um maior foco ao desempenho operacional e ao atendimento das métricas dos clientes;
2. Foi introduzido de um número maior de requisitos específicos dos clientes;
3. Foi incrementado o número de auditorias, com o objetivo de identificar quais os pontos fracos que podem afetar a *performance*, tanto dos fornecedores como dos clientes.

Este assunto será desenvolvido com mais detalhe em 2.3.

- **Prazos de entrega**

O prazo de entrega reside na capacidade que uma empresa tem em fornecer os seus produtos no menor espaço de tempo possível, mantendo, contudo, os níveis de qualidade que são exigidos pelos seus clientes. É normal que um fornecedor que apresente um prazo de entrega mais reduzido seja preferível a um que tenha um prazo de entrega mais longo, para os mesmos níveis de qualidade.

O tipo de produto também tem influência no prazo de entrega. Caso seja normalizado, tem um menor tempo de entrega, enquanto se for personalizado, o tempo de entrega já é mais elevado, uma vez que é feito de acordo com as preferências do cliente [25].

- **Competitividade**

O conceito de competitividade não é objetivo para a maioria das pessoas. Segundo o que Fonseca [31] enunciou citando Ambastha e Montaya [32], pode-se considerar como dimensões de competitividade as afirmações dos autores apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões da competitividade [31].

Autor	Descrição
(Hamel e Prahalad, 1989) [33]	“ <i>Performance</i> , incluindo indicadores financeiros tais como proveitos, crescimento ou rentabilidade”.
(Barney, 1991) [34]	“Qualidade, em termos de satisfação das perspectivas de Clientes”.
(Porter, 1985) [35]	“Produtividade em termos de maiores produções e menor utilização de recursos”.
(Mintzberg, 1993) [36]	“Inovação de produtos, processos e serviços”.
(Kay, 1993) [37]	“Imagem e valor reputacional e relacional com as partes interessadas”.

Tal como Costa [15] refere citando o (*European Competitiveness Report* de 2004): “A competitividade na indústria automóvel global está dependente das flutuações de mercado, o que origina muitas vezes mudanças nas estratégias de construção.”.

É necessário que as empresas cada vez mais se mantenham atualizadas, quer ao nível de tecnologia como de soluções para a otimização dos seus processos produtivos, para que desta forma seja possível se manterem à frente face à concorrência instalada em países onde a mão de obra é mais económica [15] [25].

De acordo com Ferreira [38]: “A capacidade competitiva da empresa depende, pelo menos em parte, da indústria onde atua.”. É preciso que a indústria onde se está a operar seja atrativa a longo prazo, isto é, apresente elevados índices de rentabilidade. Então, é preciso saber quais as vantagens e desvantagens de cada indústria para decidir em qual operar, investir ou desinvestir.

Uma forma de analisar a indústria é usar o modelo das cinco forças competitivas de Michael Porter [38]. Com ele pode-se conhecer qual a posição da empresa quer em termos de rentabilidade atual quer a nível poder concorrencial de clientes, concorrentes e fornecedores. A Figura 7 apresenta um esquema do modelo das cinco forças de Porter e a Tabela 5 uma breve descrição do que se trata em cada uma delas.

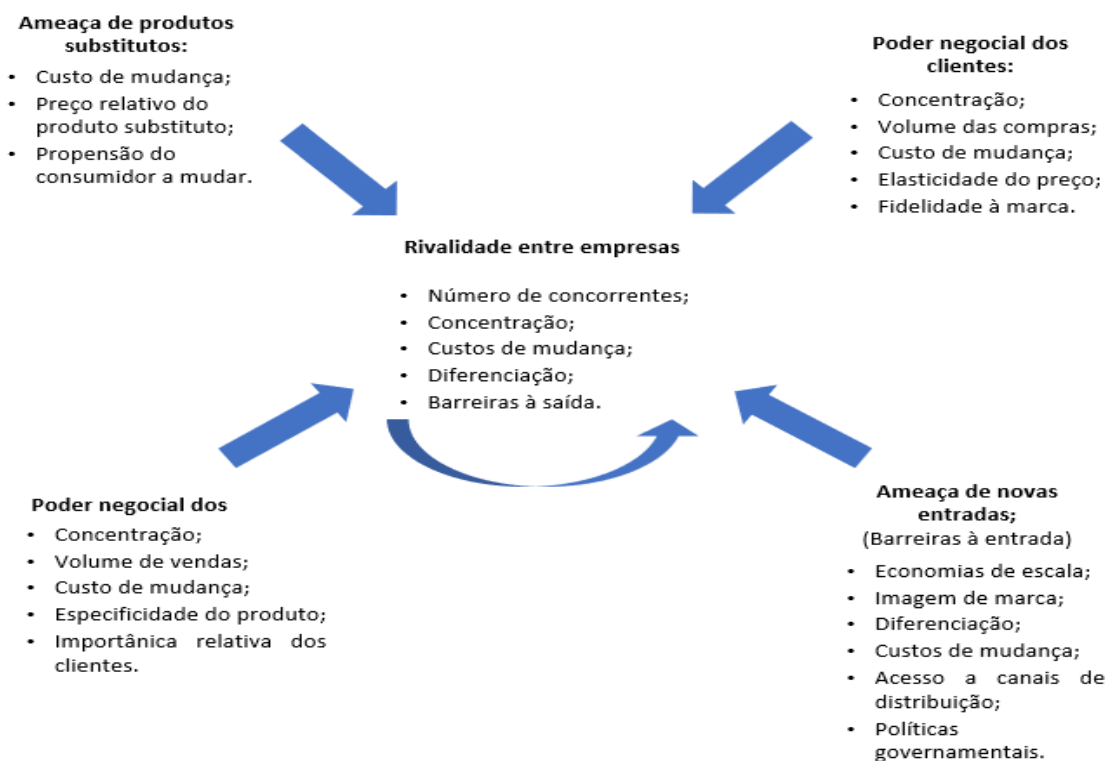


Figura 7 - As cinco forças concorrenciais de Porter [38].

Tabela 5 – Descrição sumária das cinco forças de Porter [38].

Forças de Porter	Descrição
Rivalidade entre empresas existentes	Elevados níveis de rivalidade tendem a refletir-se em “guerras” de preços, maior recurso ao <i>marketing</i> , sobretudo à publicidade, e em maiores esforços de inovação e de satisfação do cliente. Isto trás consequências a nível de custos para as empresas e conseqüente rentabilidade.
Ameaça de produtos substitutos	O preço que os clientes estão dispostos a pagar por um produto, depende da existência de produtos substitutos que satisfaçam a mesma necessidade e com um preço competitivo.
Poder negocial dos clientes	Refere-se à capacidade que os clientes têm de influenciar os preços e as qualidades dos produtos que compram. O poder negocial dos clientes é maior quando, por exemplo, existe um pequeno número de compradores e a perda de um deles tem um impacto significativo para a empresa.
Poder negocial dos fornecedores	O poder negocial dos fornecedores é elevado quando, por exemplo, o seu produto é diferenciado e não é facilmente substituído pelo cliente.
Ameaça de novas entradas	Refere-se à criação de novas empresas do setor e que tem o objetivo de se inserir no meio. Desta forma, conquistam uma parcela do mercado, diminuindo a quota de mercado dos restantes concorrentes.

2.2.2 Automatização na Indústria Automóvel

No século XXI, devido sobretudo ao aumento da competição global no setor, as indústrias viram-se confrontadas com um mercado extremamente variável, em termos de procura e inovação. Para se manterem competitivas face à concorrência, as empresas viram-se obrigadas a projetar sistemas de produção que não produzissem apenas os produtos com elevada qualidade e a baixo preço, mas também que respondessem de forma rápida às alterações de mercado e às necessidades dos seus clientes [25].

Então, a maior parte das indústrias decidiu substituir a mão de obra intensiva por modelos de capital intensivo, recorrendo ao uso a grande escala de tecnologia tais como robôs e equipamentos de montagem automatizados [39].

É de se esperar que quantas mais peças com qualidade forem produzidas, maior será a eficiência e a produtividade da empresa. Apesar de ser necessário um grande investimento para a automatização de uma linha de produção este pode trazer muitas vantagens, desde uma maior eficiência, confiabilidade e precisão relativamente aos trabalhos de carácter manual. Também proporciona uma redução do número de operadores e aumento da segurança, entre outros [40].

O conceito de Indústria 4.0 engloba uma vasta gama de aplicações desde o *design* do produto até à logística [41]. Conhecida como a quarta revolução industrial, é uma realidade que integra pessoas e máquinas interligadas de forma digital com a *internet* e tecnologias de informação. Desempenham um papel bastante importante para a implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM). A abordagem da indústria ligada à Indústria 4.0 está relacionada com a ligação de sensores, que observam as funções do equipamento em tempo real, e agir sempre que uma manutenção seja necessária, por exemplo. Desta forma, tanto os funcionários como operadores de manutenção são informados sobre o estado atual dos seus equipamentos, proporcionando um aumento da disponibilidade [42].

Segundo Mendes [43], a ligação entre operador e máquina ainda não foi totalmente atingida. Assim sendo, o objetivo é aumentar a ligação existente entre eles, com o recurso a meios de fornecimento de dados de produção em tempo real, de forma a que os gestores tenham acesso a eles a qualquer altura. Com a introdução destas novas tecnologias, a empresa torna-se mais competitiva face à concorrência.

De acordo com uma publicação de 2016 de (*A Strategist's Guide to Industry 4.0*) [44], prevê-se que no ano de 2021 a adoção da Indústria 4.0 no setor automóvel aumente em 24%, relativamente ao ano de referência, 2016.

Na Figura 8 poderá ser vista uma perspetiva de implementação da Indústria 4.0 em diferentes setores da economia, incluindo indústria e serviços.

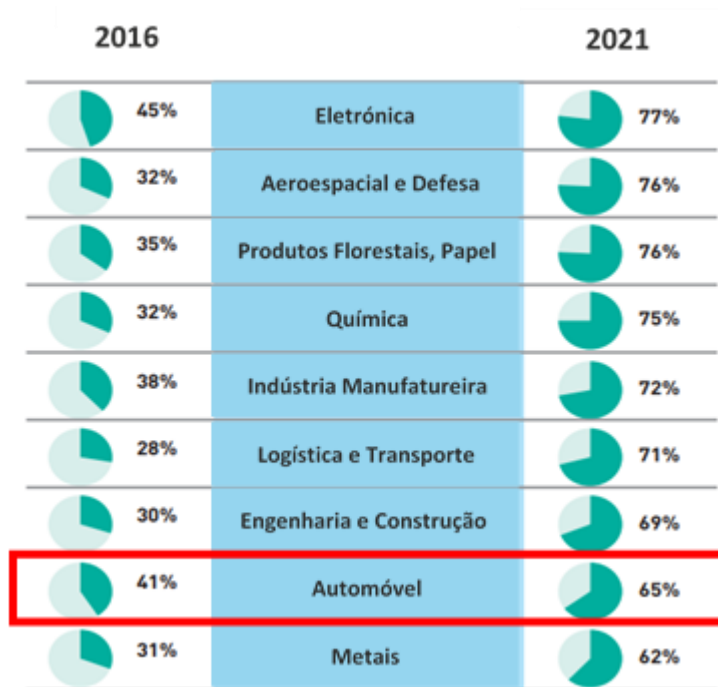


Figura 8 – Adoção da Indústria 4.0 por setor (Adaptado de [44]).

2.3 Ferramentas da qualidade

É de senso comum que nas empresas, é dado enfoque a um tema que tem vindo a adquirir cada vez mais importância ao longo dos anos. Esse tema é a qualidade e, com ela, é possível satisfazer melhor os clientes, evitando que recebam produtos não conformes ou serviços que não foram considerados satisfatórios.

Estas ferramentas foram desenvolvidas a partir da década de 50, onde a qualidade dos produtos e serviços passou a ser um tema de grande discussão e análise. Desenvolvidas e idealizadas por alguns autores e gurus da qualidade, estas proporcionam um controlo mais apertado, não só sobre os processos, mas também sobre os serviços, auxiliando a tomada de decisão, de forma a propor soluções para os problemas identificados e estabelecer melhorias para os processos. Assim, as ferramentas visam estabelecer medidas preventivas, uma vez que permite às organizações tomarem providências antes que os problemas surjam. A Tabela 6 mostra uma breve descrição sobre as sete ferramentas básicas da qualidade [45].

Quando devidamente aplicadas, estas ferramentas podem levar uma empresa a atingir [46]:

- Elevados níveis de qualidade;
- Diminuição dos custos;
- Execução de melhores projetos;
- Melhoria da cooperação em todos os níveis da organização;
- Identificação dos problemas;
- Identificação de causas raízes de problemas e resolve-los eficazmente.

A Tabela 6 refere, de forma sucinta, algumas das principais ferramentas da qualidade.

Tabela 6 – As sete ferramentas da qualidade [47].

Ferramenta	Descrição
Histograma	Gráfico de barras que permite visualizar a distribuição dos dados.
Fluxograma	Ajuda na visualização da estrutura e representação de um processo.
Diagrama de Pareto	Segue a regra dos 80/20 e permite evidenciar, diante de um conjunto de problemas, quais aqueles que são mais prejudiciais.
Diagrama de Dispersão	Permite analisar a correlação entre duas variáveis quantitativas.
Cartas de controlo	Permite analisar a estabilidade de um processo. Baseando-se em variáveis estatísticas, é possível verificar quando uma determinada característica está fora dos limites de controlo e agir.
Folhas de verificação	São utilizadas para facilitar a recolha de dados de um processo e identificar os problemas que podem vir a ocorrer.
Diagrama de Ishikawa	Tem como objetivo analisar as potenciais causas de um determinado problema e alocar as causas por categorias.

São várias as vantagens da utilização destas ferramentas. As que mais se destacam são [48]:

- **Melhoria dos fluxos dos processos** – com a resolução dos problemas principais num processo, aumenta-se o fluxo produtivo dos processos, diminuindo o tempo de atuação, uma vez que se estará a atacar a causa raiz do problema;
- **Redução do desperdício** – a aplicação das ferramentas proporciona uma diminuição nos custos de produção e, como consequência, aumentar os lucros obtidos pela empresa, uma vez que evita o desperdício de recursos de mão de obra, materiais e financeiros, entre outros;
- **Aumento dos níveis de qualidade dos produtos e serviços** – aplicando ações para combater os problemas que causam não conformidades, aumenta-se a qualidade dos produtos ou serviços;
- **Cumprimento dos prazos de entrega** – quando um processo apresenta uma elevada taxa de não conformidades é necessário produzir sempre uma quantidade superior àquela que o cliente pede. Isto representa um aumento do tempo necessário à sua produção e, muitas vezes, pode pôr em risco a entrega aos clientes. Com a aplicação das ferramentas, pode-se prevenir as causas de não conformidades, obtendo assim um menor número de produtos fora de especificação, ajudando no cumprimento dos prazos de entrega;

- **Melhor relacionamento entre as equipas da empresa** – com a obtenção das melhorias anteriormente referidas, surge um melhor relacionamento entre os vários departamentos da empresa, uma vez que apresentam melhor desempenho em relação às metas que possam ter sido impostas, contribuindo para uma elevada produtividade e bem-estar na empresa.

Nesta dissertação, vão ser estudadas mais em pormenor apenas as ferramentas que foram utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, mais especificamente o fluxograma, o diagrama de Pareto, o diagrama de Ishikawa e os 5 porquês (*5 Why*).

2.3.1 Fluxograma

Um fluxograma é uma representação esquemática de um processo ou sistema, com o objetivo de mostrar de forma fácil o fluxo de informações, evidenciando a sequência de operações que caracteriza o trabalho executado [48].

Começaram a ser usados a partir do ano 1920, sempre que era necessário entender um determinado processo, ou quando se pretende estudá-lo para implantar melhorias. Também podem ser usados para documentar o processo, planear um projeto ou ainda auxiliar novas pessoas a entender o fluxo produtivo [49].

Para mapear o processo, é fundamental saber qual a simbologia utilizada e o que a mesma representa. O Anexo I mostra os principais símbolos que são utilizados para a elaboração de um fluxograma.

De uma forma geral, os passos para elaboração de um fluxograma são os seguintes:

1. Definir o processo a ser detalhado;
2. Decidir quais as fronteiras que delimitam o processo, nomeadamente onde e quando o mesmo se inicia e termina;
3. Decidir quais as atividades que fazem parte do processo, sem necessidade de preocupação sobre a sequência das mesmas;
4. Sequenciar as atividades;
5. Desenhar o fluxograma;
6. Rever o gráfico para deteção de possíveis falhas, e se o processo esquematizado corresponde de forma fiel ao que ocorre na realidade.

Existem vários tipos de fluxogramas. Podem ser lineares, separados por setores, por linhas de montagem, funcionais, entre outros. A Figura 9 mostra exemplos de alguns tipos de fluxogramas [50].

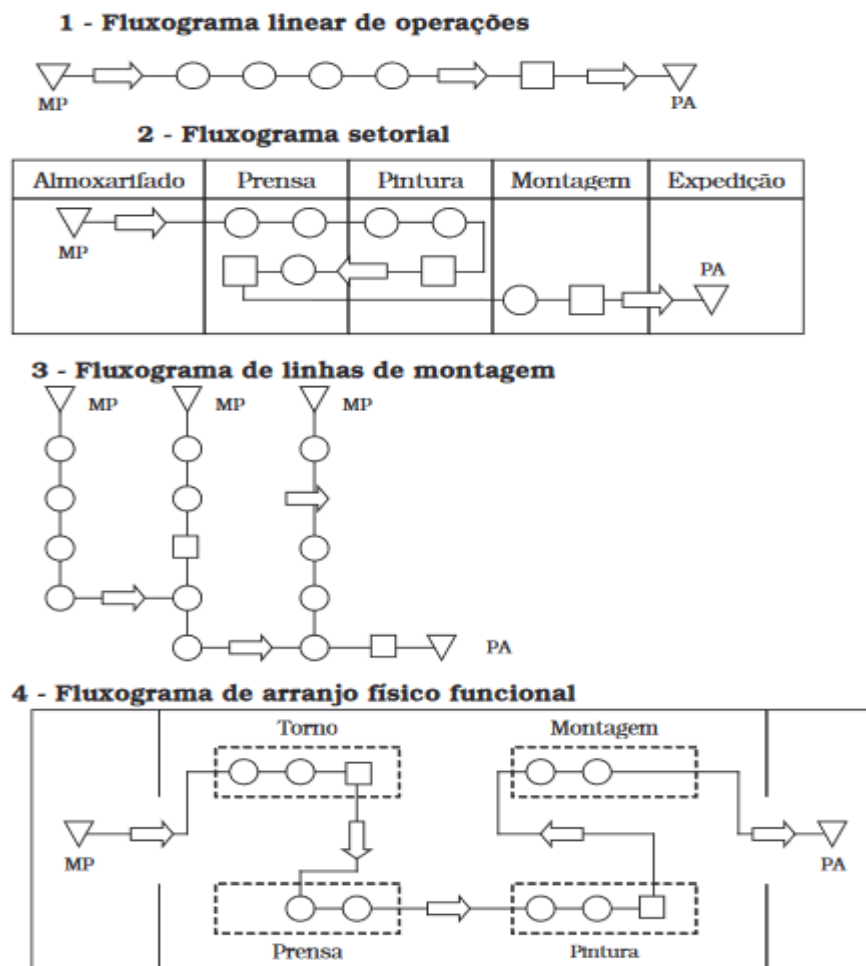


Figura 9 – Exemplos de fluxogramas [50].

2.3.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade que se baseia no princípio de que 80% dos problemas têm por origem 20% das causas (regra dos 80/20). Foi desenvolvida pelo italiano Vilfredo Pareto [51] no século XIX, quando fazia um estudo sobre a riqueza da população, onde chegou à conclusão que 80% da riqueza estava concentrada apenas em 20% da população. Mais tarde, este princípio foi utilizado por um dos gurus da qualidade, Joseph M. Juran, tendo adaptado o seu conceito à indústria.

Trata-se de um gráfico de barras em que, no contexto de análise de defeitos, permite separar os defeitos que são muito triviais, dos que são mais complexos, e assim concentrar os esforços para eliminar estes últimos, pois acabam por ser os que têm mais impacto e permite melhorias mais significativas, do que dispensar energia com os outros tipos de defeitos.

A Figura 10 que se segue mostra um exemplo de um diagrama de Pareto [52].

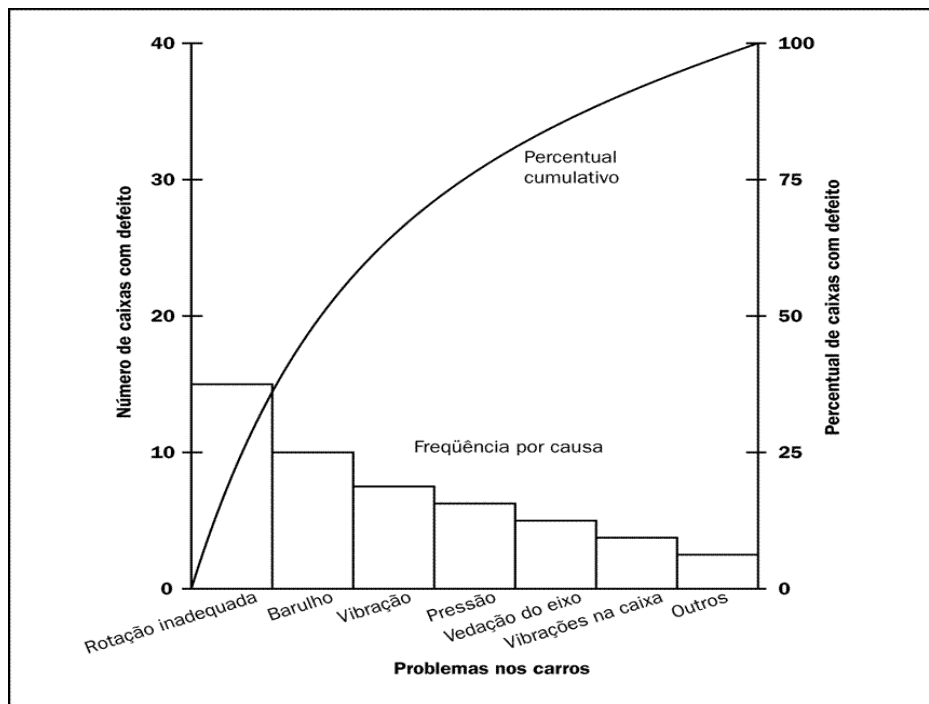


Figura 10 – Diagrama de Pareto [52].

Como se pode observar pela Figura 10, os dados são dispostos por ordem decrescente de valor acumulado, da esquerda para a direita. Apresenta no eixo das abcissas as razões subjacentes a um determinado problema que foi identificado (defeito de uma peça, custos elevados, entre outros), e no eixo das ordenadas a frequência ou o custo com que esse problema originou dentro de um período de tempo bem definido [53].

Podem ser utilizados com ou sem linha cumulativa. No último caso, esta apenas representa a soma das barras da esquerda para a direita.

Há uma outra variante dos diagramas de Pareto, conhecida como “Análise ABC”. Esta análise classifica os produtos em três categorias A, B e C, de acordo com a maior ou menor contribuição destes para o consumo anual. Para o caso de análise de problemas, pode-se classificar os mesmos dentro dessas três categorias, de acordo com a frequência com que ocorrem. Assim, problemas que estejam dentro da categoria A são os mais prejudiciais e os que necessitam de ser resolvidos em primeiro lugar, enquanto que problemas de classe B e C podem aguardar [54].

Normalmente, a divisão das categorias é feita aproximadamente da seguinte forma [55]:

- **Classe A** – problemas de maior importância, valor ou quantidade à qual correspondem aproximadamente 20% do total;
- **Classe B** – problemas com importância intermédia, que correspondem a aproximadamente 30% do total;
- **Classe C** – problemas de menor importância, que correspondem a aproximadamente 50% do total.

Para se fazer um diagrama de Pareto, é necessário [54]:

1. Identificar qual o problema a analisar. Podem ser defeitos que ocorrem numa determinada linha de produção, por exemplo, e as suas causas;
2. Selecionar uma unidade de medida e um horizonte temporal para a análise. A frequência de ocorrência de defeitos ou prejuízo financeiro causado, são exemplos de unidades que podem ser utilizadas;
3. Recolher os dados para cada uma das causas, de acordo com a unidade de medida que foi escolhida no passo anterior;
4. Desenhar o gráfico de Pareto com as causas ao longo do eixo das abcissas, e a unidade de medida que foi utilizada no eixo das ordenadas. Estas causas têm de estar mapeadas de ordem decrescente de valores, da esquerda para a direita;
5. Fazer a análise do gráfico para determinar quais os problemas mais prejudiciais, e decidir quais deles agir em primeiro lugar.

2.3.3 Diagrama de *Ishikawa*

O diagrama de *Ishikawa* surgiu no ano de 1950 pelo professor japonês Kaurou Ishikawa, quando descrevem de uma maneira visual a causa de um determinado problema. Tornou-se então numa ferramenta de diagnóstico que permite analisar problemas e determinar as suas possíveis causas [56].

Trata-se de uma representação gráfica das potenciais causas de um determinado problema e é a ferramenta mais comumente utilizada entre as ferramentas da qualidade. Devido à sua aparência esquelética, também é conhecido como diagrama de espinha de peixe. O objetivo desta ferramenta é permitir que uma equipa identifique e exiba de forma gráfica todas as causas que podem ser a raiz de um problema em estudo [54].

Existem diversas variantes quando à aplicação de um diagrama de *Ishikawa*. Estes podem ser diagramas 6M, mas também podem ser usados diagramas Causa-Efeito assistidos por cartões (CEDAC). Num diagrama 6M, a estrutura principal consiste tipicamente nos 6M's da indústria [54]:

- Máquina;
- Mão de obra;
- Material;
- Método;
- Medição;
- Meio.

A Figura 11 mostra um exemplo de um diagrama de causa-efeito do tipo 6M. Para cada potencial causa do problema que está a ser analisado, o mesmo pode ser agrupado numa das categorias já enunciadas, de forma a facilitar a análise.

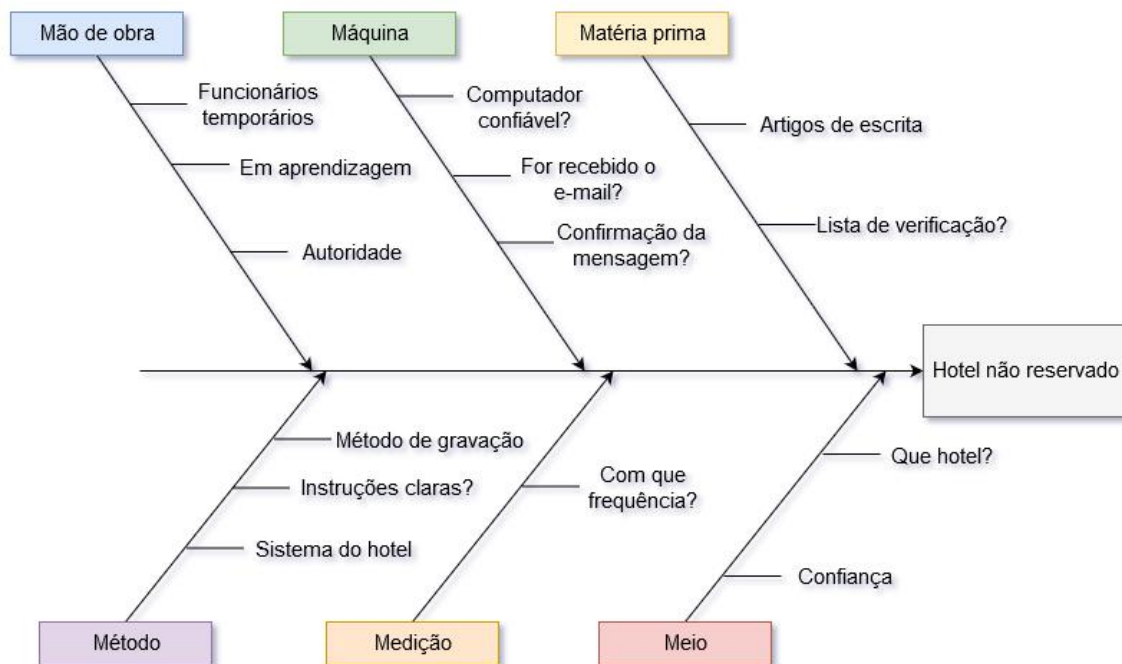


Figura 11 – Exemplo de um diagrama de Ishikawa do tipo 6M (Adaptado de [54]).

Já um diagrama CEDAC tem um funcionamento semelhante. Neste caso, é usado um diagrama com o formato de espinha de peixe, mas em branco. Então, todos os membros de uma equipa utilizam cartões onde descrevem as possíveis causas e soluções. Também apresenta dois formatos principais a ter em conta. Estes são por tipo de análise de dispersão, normalmente usados após a conclusão dos diagramas 6M ou CEDAC, e o tipo de classificação de processo, onde as causas são tratadas em ramos separados e são identificadas as suas sub-causas. Neste último, em vez de se utilizar as principais categorias da causa (Máquina, Meio, entre outros), são utilizadas as principais etapas do processo em causa. Posteriormente, cada etapa do processo pode ser analisada utilizando um diagrama do tipo 6M ou CEDAC [54].

Geralmente, para se realizar um diagrama de *Ishikawa* deve-se:

1. Selecionar o formato de causa e efeito que se considere mais apropriado para a situação. Caso o problema possa ser isolado por apenas um departamento, pode-se utilizar um diagrama do tipo 6M. Por outro lado, caso o problema englobe mais do que um departamento, um diagrama CEDAC é mais adequado;
2. Definir objetivamente qual o problema chave numa caixa do lado direito do diagrama;
3. Desenhar uma linha horizontal do lado esquerdo da caixa e os ramos principais do diagrama, com as principais categorias de causas;

4. Realizar um *brainstorming* para cada categoria, de forma a identificar as potenciais sub-causas do problema e fazer o registo num quadro. Caso se esteja a utilizar uma abordagem CEDAC, o registo é feito através de cartões ou de notas Post-It para cada categoria;
5. Classificar as sub-causas por ordem de importância, utilizando para o efeito estratégias de voto ou consenso, e escolher até seis potenciais sub-causas para cada categoria;
6. Construir o diagrama, escrevendo as sub-causas determinadas anteriormente em cada categoria;
7. Desenvolver soluções e propostas de melhoria para o problema.

2.3.4 5 Why's (5 Porquês)

Os 5 Porquês é uma técnica sistemática, onde se faz pelo menos cinco perguntas “Porquê?” sucessivas, com o objetivo de chegar à raiz do problema. É uma técnica amplamente utilizada em análise de problemas relacionados com a indústria e serviços.

Segundo Cost [57], quando existe um problema em que é difícil determinar a raiz da sua causa, as medidas a tomar para resolver o problema ficarão fora de foco, isto é, pode-se estar a aplicar ações de melhoria para uma causa que não é a raiz do problema, acabando por não se obter o resultado esperado. Por isso, utiliza-se o método dos 5 porquês, onde se pergunta constantemente “Porquê, porquê, porquê...”, até encontrar a verdadeira causa do problema. Quando começar a ser mais difícil responder à pergunta “Porquê?”, é muito provável que se tenha chegado à raiz do problema. Em certos casos, pode ser necessário perguntar mais do que cinco vezes e também poderá existir situações onde se pode perguntar menos que cinco vezes. Quanto mais “Porquês” forem respondidos, maior será a probabilidade de se chegar ao coração do problema. [58].

Pode ainda ser considerada uma variação da abordagem clássica, onde neste caso se utilizam as perguntas Porquê?, O quê?, Onde?, Quando?, Quem? e Como?.

Existem quatro passos básicos para se utilizar esta técnica:

1. Montar uma equipa e identificar o problema, situação ou conceito, através de um processo hierárquico. É importante decidir se se pretende pedir ajuda aos elementos da equipa para se perceber o problema, ou então, em equipa, observar o problema e discutir posteriormente por todos os elementos;
2. Fazer a primeira pergunta “Porquê?” para a equipa. É quase certo que se pode obter mais do que uma resposta plausível. Faz-se o registo de todas as respostas possíveis em cartões ou num quadro;

3. Perguntar mais quatro vezes sucessivas “Porquê?”, e repetir o processo para cada resposta obtida anteriormente. Da mesma maneira, registar cada resposta e colocar perto da resposta anterior que a originou. Continuar até que não se consiga obter mais informações, ou quando as informações obtidas não são relevantes. Nessa situação, pode-se dizer que foram determinadas as causas consideradas como a raiz do problema;
4. Perante todas as respostas obtidas pela última pergunta, tentar identificar as fontes das causas do problema em análise. Destacar as causas e discuti-las com a equipa.

Não existe um formulário específico para a utilização desta ferramenta. Fica ao critério do gestor ou dos colaboradores da empresa escolher o melhor formato que permita esclarecer com o máximo de clareza possível cada uma das perguntas, e isto tem de ser consensual.

A Figura 12 apresenta um exemplo da utilização da ferramenta para um problema de produção de garrafas [59].

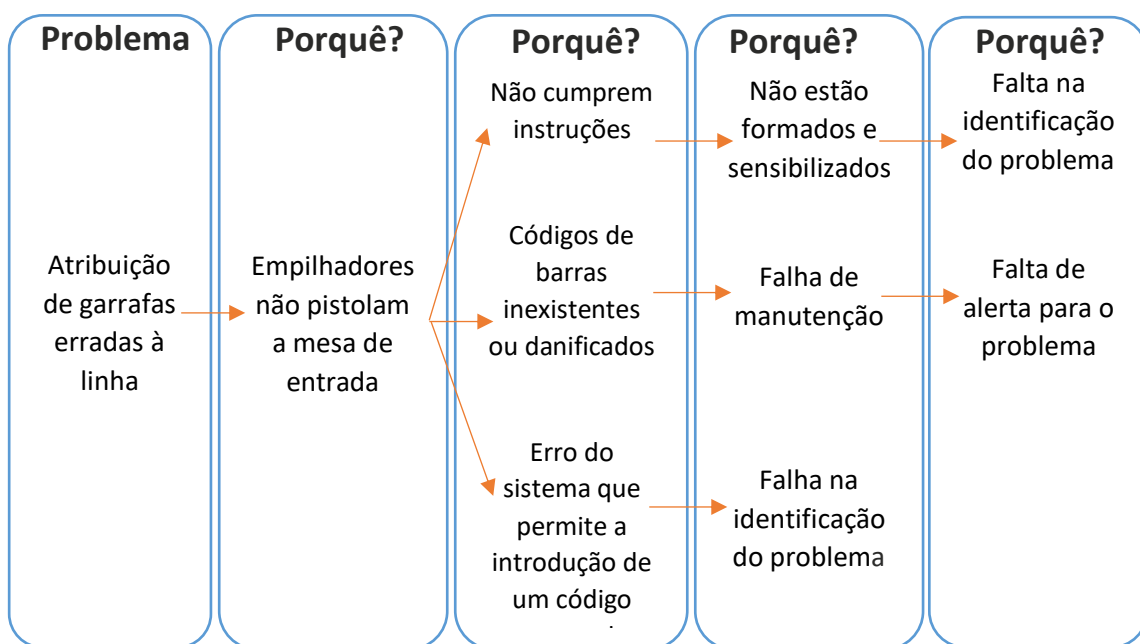


Figura 12 – Utilização da técnica 5 Porquês num problema de produção (Adaptado de [59]).

2.4 Ferramentas de gestão

Com o aumento da competitividade na indústria, cada vez mais é necessário fazer mais com menos. Perante isso, os gestores necessitam cada vez mais de ter controlo sobre os processos das suas empresas, procurando sempre formas de os inovar e otimizar. A utilização de ferramentas de gestão permite conhecer melhor os processos e, de uma forma rápida e com qualidade, ter um maior controlo sobre eles. Nesta dissertação, vão ser abordadas as ferramentas de gestão que foram utilizadas na parte prática da mesma [60].

2.4.1 Balanceamento de linhas

O balanceamento de linhas de produção é um procedimento de alocação de tarefas a postos de trabalho com o objetivo de distribuir a carga de trabalho de uma maneira uniforme para cada posto [42]. Para atingir esse objetivo, a carga de trabalho deve ser distribuída de forma a que o tempo de ciclo seja inferior ao *takt time* (TT). Segundo Oliveira [42], a eficiência aumenta se estas duas métricas estiverem o mais próximo possível uma da outra.

Geralmente o balanceamento consiste em encontrar a solução para uma das seguintes alternativas [61]:

1. Determinar o número mínimo necessário de postos de trabalho com base num tempo de ciclo;
2. Determinar o menor tempo de ciclo possível com base no número de postos de trabalho disponível.

Para a aplicação desta técnica é necessário ter conhecimento de alguns conceitos importantes, como os que se seguem [62]:

- **Tempo de ciclo (Cycle Time ou T_c)** – tempo entre saída de peças consecutivas. Corresponde ao tempo máximo necessário em cada estação de trabalho. No caso de se estar perante uma linha de produção com vários postos, normalmente o tempo de ciclo de cada estação de trabalho é diferente. A frequência de saída do sistema irá corresponder, neste caso, ao tempo de ciclo do posto mais demorado (*bottleneck*), isto é, o posto que apresenta um maior tempo de ciclo;
- **Takt Time (TT)** – trata-se da frequência com que o produto deve ser concluído para conseguir satisfazer as expectativas dos clientes. É determinado através da procura do cliente e do tempo disponível de trabalho, como apresentado na expressão (1). Segundo Miguel & Mendeiro [56], este tempo ajusta o ritmo do trabalho, uma vez que o tempo de ciclo do produto tem de ser aproximado a este para satisfazer a procura dos clientes.

$$TT (s) = \frac{(\text{Tempo efetivo de trabalho} - \text{paragens}) \times 60}{\text{Volume Médio Diário de Produção}} \quad (1)$$

- **Tempo total necessário para a produção de uma peça** – corresponde à soma dos tempos de todas as operações a que o produto está sujeito, de acordo com a expressão (2):

$$\text{Tempo Total} = \sum_{1}^{n} t_i \quad (2)$$

onde t_i corresponde ao tempo de cada posto e $i = 1, 2, 3, \dots, n$, corresponde aos postos de trabalho.

- **Número mínimo de estações necessárias** – resultado obtido pela divisão do tempo total necessário para a produção de uma peça, pelo tempo de ciclo. Este valor é sempre arredondado por excesso. Está explícito na expressão (3):

$$N_{min} = \frac{1}{T_c} \times \sum_1^n t_i \quad (3)$$

onde T_c corresponde ao tempo de ciclo.

- **Eficiência da solução encontrada** – representa a eficiência da linha após realizado o balanceamento das operações pelos postos de trabalho. Pode ser calculado através da expressão (4). Quanto maior for a eficiência, melhor é o balanceamento obtido.

$$E = \frac{1}{N \times T_c} \times \sum_1^n t_i \quad (4)$$

onde N é o número de postos de trabalho obtidos na expressão anterior.

- **Tempo total de paragem da linha** – representa a folga do conjunto de operações e pode ser calculado através da expressão (5).

$$IT = N \times T_c - \sum_1^n t_i \quad (5)$$

Uma linha encontra-se perfeitamente balanceada quando $IT = 0$ e, nesta situação, a linha de produção está a trabalhar com o seu tempo de ciclo mínimo possível, e onde IT representa o tempo total de paragem de linha obtido.

- **Atraso do balanceamento** – representa o quão próximo uma linha está do balanceamento ideal e pode ser determinado pela expressão (6):

$$d = \frac{100 \times IT}{N \times T_c} \quad (6)$$

Uma linha está melhor balanceada quanto menor for o atraso, isto é $d \cong 0$.

O cálculo para balanceamento de uma linha de produção não é exato. Existem métodos heurísticos que fazem esta distribuição das cargas entre os postos de trabalho. De acordo com Antonioli [63], deve-se conhecer e analisar os métodos de produção, e isso consegue-se através da observação do ambiente produtivo e de entrevistas aos operadores, uma vez que já têm conhecimento do processo. Após isso, passa-se para a medição dos tempos, através de um dos seguintes métodos:

1. Comparação de tempos anteriores;
2. Histórico *standard* previamente definido para a linha de produção;
3. Cronometragem direta na linha.

Para Pinto [64], é preferível optar pela cronometragem dos tempos quando se está no início da análise do processo.

Para se realizar esta cronometragem, é necessário saber o que se vai cronometrar. Segundo Warren [65], quando estamos perante equipamentos mecânicos, o tempo de ciclo da máquina é visto como o tempo de operação ininterrupta da mesma. Já no caso de pessoas, deve-se separar o que é trabalho do que é deslocamento. Enquanto o operador trabalha, mesmo que este se encontre em constante movimento, existem sempre movimentos que acrescentam valor ao produto que está a ser produzido, e movimentos que não trazem nenhum dano, caso sejam omitidos.

Uma vez recolhidos esses dados para a divisão dos postos nas linhas, deve-se descrever o que cada tempo que foi retirado representa. Uma forma expedita de observar os tempos de ocupação do operador, das máquinas e das ferramentas durante o ciclo da operação é a utilização do diagrama homem-máquina, como apresentado na Figura 13 [62]. O tempo manual do operador é delineado a linha contínua, e o tempo da máquina é exposto a traço interrompido. Nos casos em que o tempo de máquina é superior ao tempo das operações, o operador tem um tempo de espera até que a máquina termine o seu ciclo. Nestas situações, no gráfico é desenhado com uma seta o tempo em que o operador está em espera.

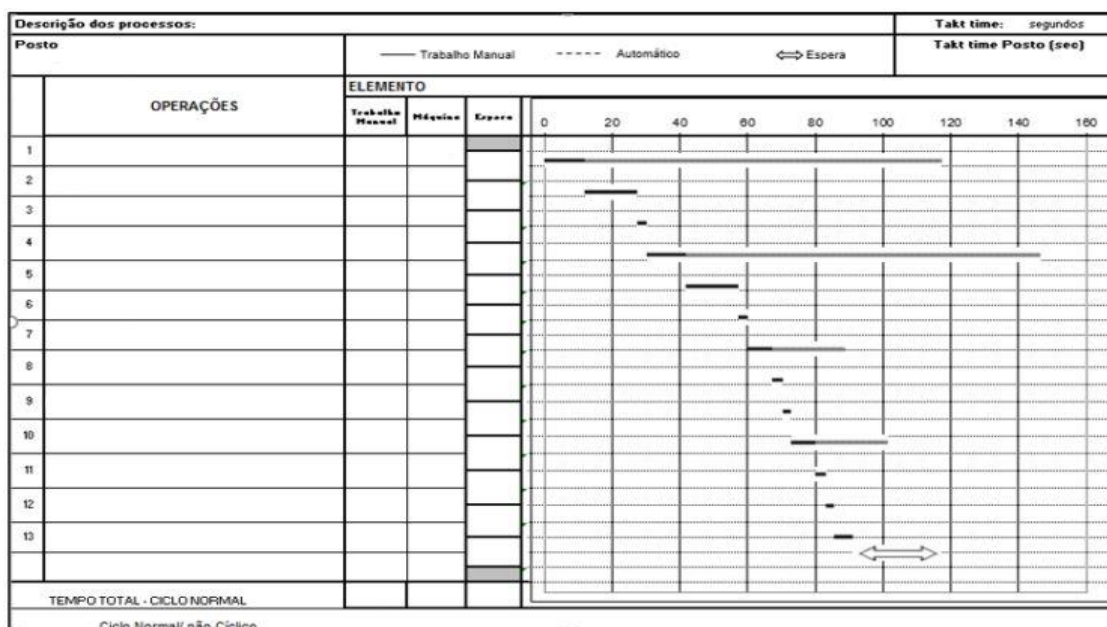


Figura 13 – Diagrama homem-máquina (Empresa em estudo).

Como Antonioli [63] refere, é necessário estabelecer um planeamento de produção realista com a capacidade das linhas de produção. Isto passa por não excluir possíveis tempos de *setup*, paragens não planeadas, abastecimentos das linhas, tempos de pausas, entre outros.

2.5 Ferramentas de melhoria contínua

A melhoria contínua pode ser considerada como uma política, que defende a introdução de pequenas mudanças incrementais, e à definição de ações corretivas e preventivas de baixo custo num processo produtivo, com vista ao aumento da qualidade e/ou eficiência dos seus produtos ou serviços. Para que isso seja possível, é fulcral que os operadores e colaboradores estejam formados, existirem ferramentas que permitam atingir o objetivo, e haver comunicação entre as partes interessadas e reconhecer as melhorias que foram alcançadas [70].

O *Kaizen* tem origem japonesa, resultante da aglutinação de *kai* (mudar) e *zen* (melhor). Segundo Coelho [66], esta cultura de melhoria contínua reflete-se como “hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje”.

As teorias sobre liderança ou práticas de gestão que apresentam diversas desvantagens, tais como o não relacionamento com o mundo prático e o facto de não serem especificadas ações concretas para se atingir os resultados esperados. Já as metodologias ligadas à melhoria contínua não apresentam estas desvantagens, uma vez que estas especificam exatamente quais as ações a implementar [71].

Existem seis princípios básicos da melhoria contínua. Estes são [72]:

1 – Pequenas Mudanças: grandes mudanças podem causar resistência por parte de algumas pessoas. Em grandes empresas, este tipo de mudanças requer um tempo de concretização muito elevado devido a burocracias, entre outros. Assim sendo, este princípio defende que pequenas mudanças e de fácil implementação, podem trazer mais benefícios do que mudanças grandes, uma vez que não necessitam de decisões estratégicas para serem implementadas.

2 – Ideias dos operadores: os operadores são aqueles que estão mais próximos do problema e que trabalham todos os dias nos postos. Portanto, é importante contar com a sua ajuda na identificação dos problemas e oportunidades de melhoria.

3 – Melhorias de baixo custo: é preferível optar por pequenas mudanças de baixo custo, em vez de mudanças que exigem um grande investimento. Muitas vezes, estas pequenas mudanças levam à eliminação de processos, em vez de criar um novo, o que é uma mais-valia para o valor agregado ao cliente e aos desperdícios.

4 – Assumir a responsabilidade: o colaborador tem de ser autónomo para a execução das suas ideias e, desta forma, tornam-se mais competitivos com os resultados a alcançar. Isto aumenta a probabilidade de a melhoria ser bem-sucedida e sustentável a longo prazo.

5 – Retorno constante da informação: é um aspeto bastante importante para a melhoria contínua. Uma comunicação constante e aberta durante cada fase da execução de uma ação, é elementar para os resultados finais da mudança.

6 – Acompanhamento dos resultados: não basta fazer uma mudança para que esta seja considerada uma melhoria. É necessário acompanhar qual o impacto que esta mudança originou. É possível que a mudança não traga o resultado esperado, e que possa mesmo prejudicar o processo.

2.5.1 Ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA)

O Ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA), é uma metodologia desenvolvida por Walter A. Shewhart na década de 30, mas foi consagrada pelo guru da qualidade William Edwards Deming na década de 50 no Japão. A aplicação desta ferramenta nas empresas japonesas contribuiu para o aumento da qualidade dos processos de fabrico. Trata-se, portanto, de uma ferramenta básica, ligada à melhoria contínua e ao controlo da qualidade [59] [73].

É constituída por quatro fases, como apresentado na Figura 14.



Figura 14 – Ciclo PDCA [74].

De uma forma geral, este ciclo apresenta o seguinte funcionamento [74]:

Na fase de **Planeamento (Plan)** é onde são claramente definido(s) o(s) problema(s) e enunciadas todas as causas que estão na origem do mesmo. Também é nesta etapa que se propõe ações para conseguir combater o problema e solucioná-lo, e que promovam a sua melhoria.

Na **Execução (Do)**, as ações que foram tomadas na etapa anterior são implementadas, e é feita uma análise das mesmas com uma recolha de dados.

Na fase seguinte, a **Verificação (Check)**, é feita uma comparação entre os dados que foram recolhidos anteriormente e aqueles que são esperados. As ações podem trazer benefícios ou podem ocorrer outros problemas. Nesta situação, é necessário analisar e tentar perceber as causas da ocorrência dessas anormalidades.

Na fase da **Ação (Act)**, caso as ações que foram implementadas tenham alcançado um resultado satisfatório ou esperado, é necessário garantir que o processo se mantenha estável.

Para isso, criam-se procedimentos normalizados. No caso de não originarem os resultados esperados, definem-se novas ações e reinicia-se o ciclo.

2.5.2 Gestão Visual

A gestão visual trata-se de um processo para auxiliar a recolha de informação de uma forma objetiva e intuitiva. Visto que é através da visão que o ser humano adquire a maior quantidade de informação, é importante que a maior parte da mesma para a comunicação e o bom funcionamento da empresa, seja realizada de uma maneira visual [75].

Esta ferramenta pode ser utilizada de diferentes formas, das quais se destacam [65]:

Andons – são quadros ou dispositivos utilizados para acompanhar os postos de trabalho e informam os operadores, gestores, e restantes interessados, sobre o estado do processo. Pode ser uma placa de luz elétrica, que fornece informações sobre o estado da linha (Figura 15), ou um semáforo colocado no topo da máquina, de forma visível para todos, que dê a informação da situação da máquina (Figura 16) [76] [77].



Figura 15 - Quadro Andon [78].

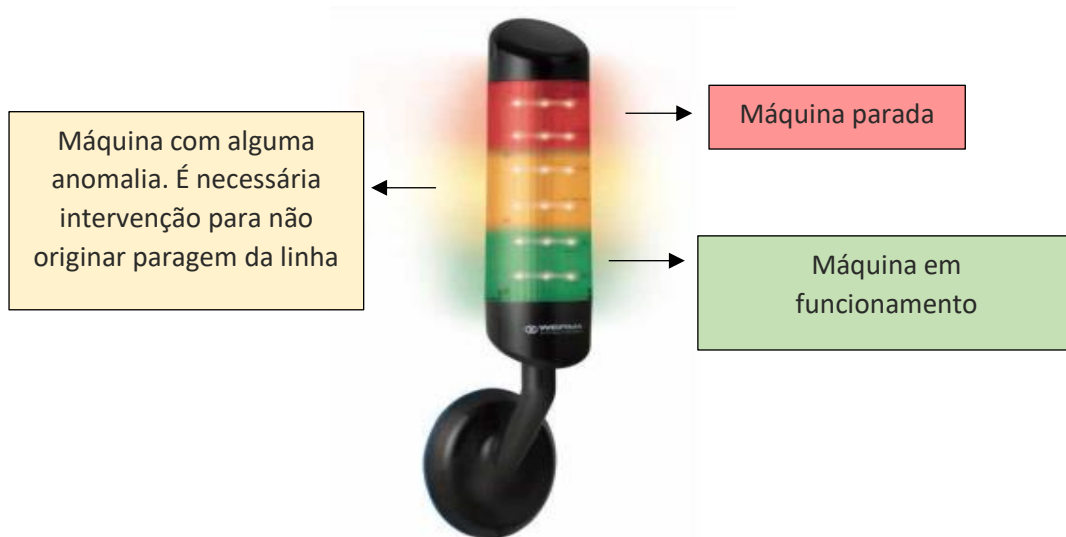


Figura 16 - Semáforo Andon (Adaptado de [79]).

Sistema Kanban – trata-se de um sistema de informação desenvolvido na indústria automóvel que consiste no controlo das quantidades de produção, de forma a alcançar uma produção *Just-in-Time*. Este conceito tem como base reabastecer os materiais apenas quando é necessário, transmitindo a sua necessidade na forma de cartões, como o da Figura 17. Eles são enviados para as pessoas do processo anterior pelo posto seguinte, como esquematizado na Figura 18. Isto ajuda a reduzir os desperdícios, nomeadamente a sobreprodução, uma vez que ajuda a não produzir mais produtos do que aquilo que é necessário [75] [76].



Figura 17 - Exemplo de um cartão Kanban [75].

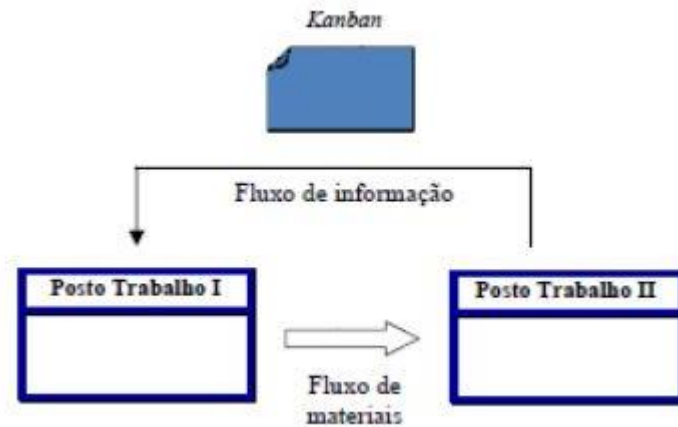


Figura 18 - Sistema Kanban [80].

Para que a utilização destes cartões seja eficaz, recorre-se também à utilização de supermercados (Figura 19), que é uma estrutura para colocar os componentes necessários e *milk-runs* (Figura 20), que são veículos de transporte que fornecem os componentes necessários às linhas, colocando-os nos supermercados [42].



Figura 19 – Exemplo de um supermercado (Empresa em estudo).



Figura 20 – Exemplo de um Milk-Run [81].

Marcação do chão – A marcação com tinta no chão como referência para os elementos da linha, para pé de máquina, e até mesmo para indicar o local destinado à circulação de pessoas, também são muito importantes, não só para a organização da linha, como também para a segurança das pessoas [56]. A Figura 21A mostra a marcação feita no chão para as paletes, a Figura 21B a marcação da localização das caixas e a Figura 21C como é feita a marcação no chão.

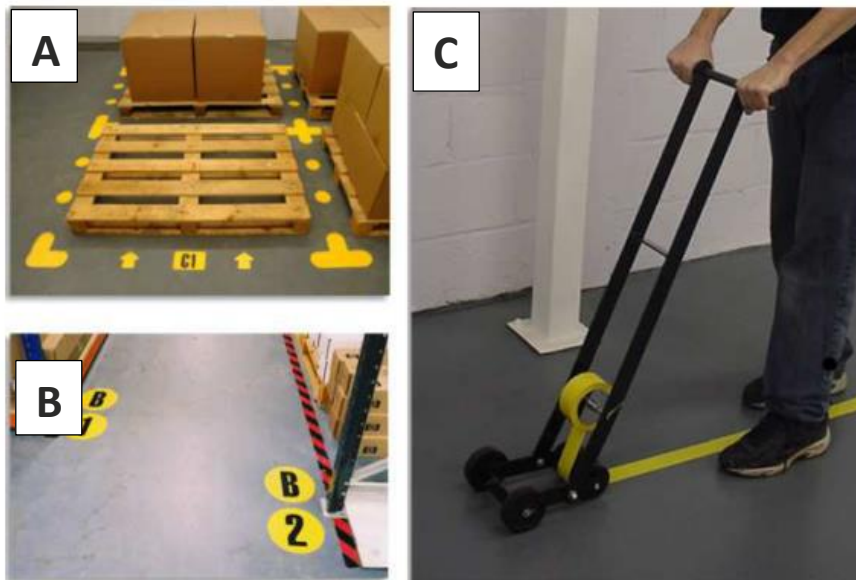


Figura 21 – Marcação do chão [75].

Sombras das Ferramentas de trabalho – outro exemplo de gestão visual são os quadros de ferramentas que possuem a sombra das mesmas desenhadas no próprio quadro. Isto facilita a arrumação das ferramentas, pois é muito mais fácil saber qual é a posição correta de cada uma. Desta forma, a falta de uma ferramenta é facilmente identificada e reposta. A Figura 22A mostra um exemplo de uma marcação de uma ferramenta e a Figura 22B o quadro com a ferramenta colocada.

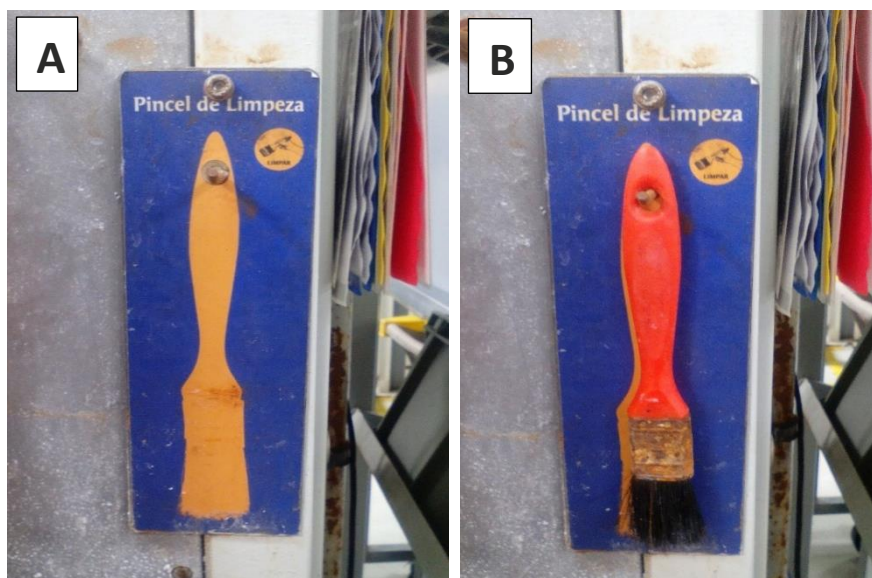


Figura 22 – Exemplo da sombra do local da ferramenta sem ela (A) e com ela (B) (Empresa em estudo).

Em suma, através da utilização destas ferramentas, é possível capacitar os trabalhadores para gerir o seu próprio ambiente de trabalho, diminuindo a probabilidade de erro e outros desperdícios [42].

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Apresentação da empresa
- 3.2 Caracterização do problema
- 3.3 Apresentação da zona de preparação e do processo produtivo
- 3.4 Análise dos problemas e testes realizados
- 3.5 Plano de ações
- 3.6 Implementação das ações
- 3.7 Resultados obtidos
- 3.8 Discussão dos resultados obtidos
- 3.9 Outros trabalhos realizados

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da empresa

A empresa que se disponibilizou a fornecer a oportunidade da realização desta dissertação está situada na zona de Campo, no Porto. Com empresas espalhadas por 21 países, esta conta com mais de 29 mil colaboradores, atuando em vários ramos. Esta empresa possui mais de 800 colaboradores divididos em vários setores. A Tabela 7 e Tabela 8 representam de forma sucinta o que cada departamento na empresa é responsável por fazer.

Tabela 7 – Descrição das responsabilidades de cada Departamento (Empresa em estudo).

Departamentos	Descrição das responsabilidades
Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Cumprir as normas de Higiene e Segurança no Trabalho (HST) e as diretrizes de qualidade; • Cumprir planos de produção aos menores custos e dentro dos prazos; • Gerir <i>stocks</i> de ferramentas e itens de manutenção, de forma a estarem disponíveis, conservados e representarem menores custos para a empresa; • Colaborar com o departamento de engenharia na aceitação de novos meios de produção, antes da sua incorporação no processo produtivo; • Gerir custos de materiais, mão-de-obra e apropriação de custos diretos (ACD), de forma a que os objetivos sejam alcançados; • Supervisionar o pessoal a seu cargo, incentivando-os a cumprir, desta forma, os objetivos de segurança, qualidade, formação, produtividade e absentismo; • Atualizar em planos de ações definidos nos PDCA's resultantes de auditorias, bem como problemas de segurança, qualidade e produtividade.
Logística	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar as atividades de carácter logístico na empresa como, por exemplo, aprovisionamentos, planificações, controlo de <i>stocks</i>, transportes e expedições; • Fazer as previsões dos clientes e adequar o planeamento de produção interna para garantir as suas necessidades; • Supervisionar o seu pessoal, fomentando a sua motivação e formação; • Adequar os meios para armazenar e entregar os produtos ao cliente, de forma a que a qualidade do produto fique inalterada em todas as etapas; • Gerir as compras que são realizadas por todos os departamentos da empresa, garantindo a eficácia das praticas existentes, assegurando a melhoria contínua da qualidade do serviço ao cliente interno e externo.

Tabela 8 – Descrição das responsabilidades de cada Departamento (continuação) (Empresa em estudo).

Departamentos	Descrição das responsabilidades
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Reter produtos não-conformes e intervir na produção, em caso de não conformidades; • Identificar problemas de qualidade, propor medidas alternativas e vigiar as suas realizações; • Analisar as reclamações dos clientes; • Supervisionar o seu pessoal, fomentando a sua motivação e formação; • Participar na definição e seleção de características críticas do produto; • Representar internamente as necessidades dos clientes, no que diz respeito aos requisitos de qualidade; • Implementar e vigiar a correta aplicação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ); • Assegurar que todos os turnos possuem os recursos adequados para as atividades da qualidade; • Responsável pela análise e distribuição aos departamentos interessados dos requisitos específicos dos clientes.
Engenharia	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsionar as melhorias no processo; • Analisar e controlar toda a documentação que é necessária para o fabrico dos produtos na empresa; • Participar em revisões de projetos que afetem diretamente a empresa; • Colaborar com os departamentos interessados na industrialização do processo.
Financeiro	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar a tesouraria e contas de crédito dos clientes, e avisar a direção em caso de irregularidades; • Implementar e zelar pelo cumprimento das regras de controlo interno da empresa; • Responsável pela contabilidade geral e analítica, e pelo cumprimento das obrigações legais e fiscais de natureza contabilística.
HES	<ul style="list-style-type: none"> • Coordenar o plano de auditorias 5S, dando seguimento a quaisquer anomalias e não-conformidades; • Responsável pela atividade de gestão da melhoria contínua da empresa, de acordo com a HES – <i>Hutchinson Excellence System</i>; • Promover e assegurar a implementação de ferramentas de melhoria contínua em todos os setores da empresa; • Elaborar e gerir todos os indicadores de gestão da sua área de intervenção e apresentar os resultados a todos os departamentos interessados; • Coordenar workshops 5S com o objetivo de divulgar e incentivar o cumprimento dos objetivos, e para a correta utilização das ferramentas de melhoria contínua.
Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Manter e rever planos de emergência; • Promover ações de melhoria e desenvolvimento das suas condições de trabalho e segurança existentes; • Promover e acompanhar a avaliação dos níveis de satisfação interna; • Coordenar e garantir todas as atividades resultantes de processos de recrutamento e seleção, e acolhimento de novos colaboradores; • Garantir o cumprimento de todos os procedimentos de gestão de Recursos Humanos; • Conhecer a legislação referente à segurança e ambiente, e coordenar ações para o seu cumprimento; • Controlar operações de processamento de salários, cumprimento e obrigações com a Segurança Social e Finanças e controlo de presenças, entre outros assuntos administrativos relacionados com o pessoal.

Para complemento, a Figura 23 apresenta o organigrama da empresa, representando a sua estrutura formal.

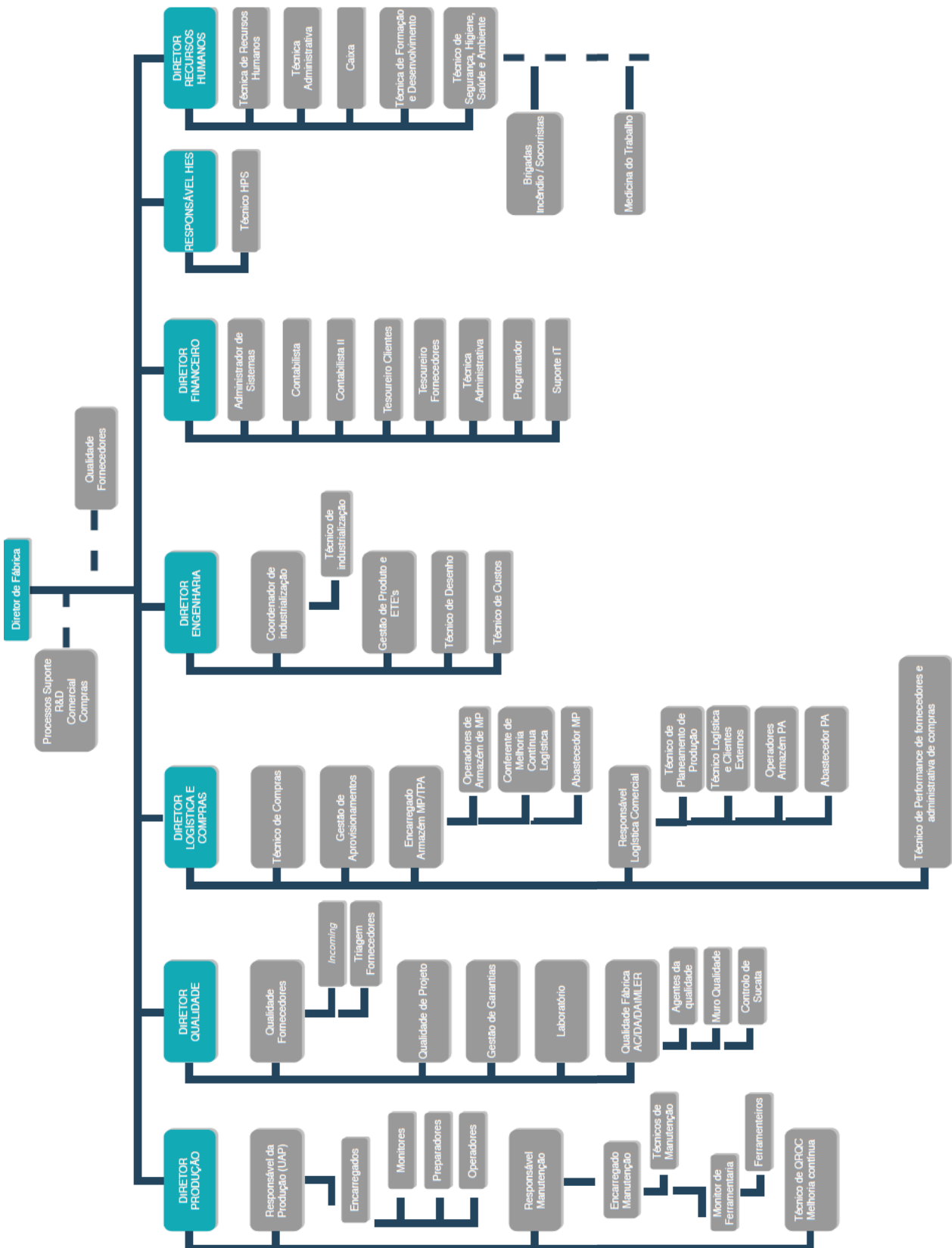


Figura 23 – Organigrama da Empresa (Empresa em estudo).

A empresa dedica-se maioritariamente à produção de sistemas de ar condicionado (AC), mas também tem uma parte da fábrica dedicada ao fabrico de direções assistidas (DA). O gráfico da Figura 24 mostra como está distribuída, em termos percentuais, a produção de tubos para ar condicionado e direções assistidas.

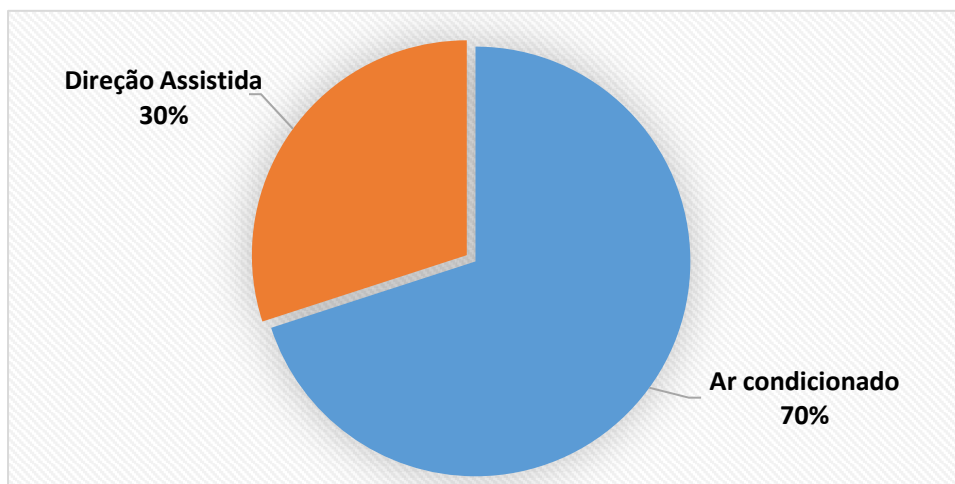


Figura 24 – Distribuição percentual da produção para ar condicionado e direções assistidas (Empresa em estudo).

Foi inaugurada em 1998 num armazém próximo ao local da sede atual. Em 2014, devido à necessidade de ampliação, foi aberta uma nova sede, com novos equipamentos e com uma nova estrutura. Devido às suas linhas de produção sincronizadas com as necessidades de produção para conseguir atender ao mercado, está presente no setor automóvel há 20 anos e é conhecida sobretudo devido ao sistema moderno integrado nas linhas de produção. Conta com uma elevada flexibilidade no fabrico de componentes e com uma elevada qualidade, devido aos tempos de *set-up* reduzidos e ao nível de inspeção que é realizada posto a posto.

Pelo gráfico da Figura 25, é possível observar o volume de produção da empresa segmentado por tipo de cliente que a empresa atualmente atende.

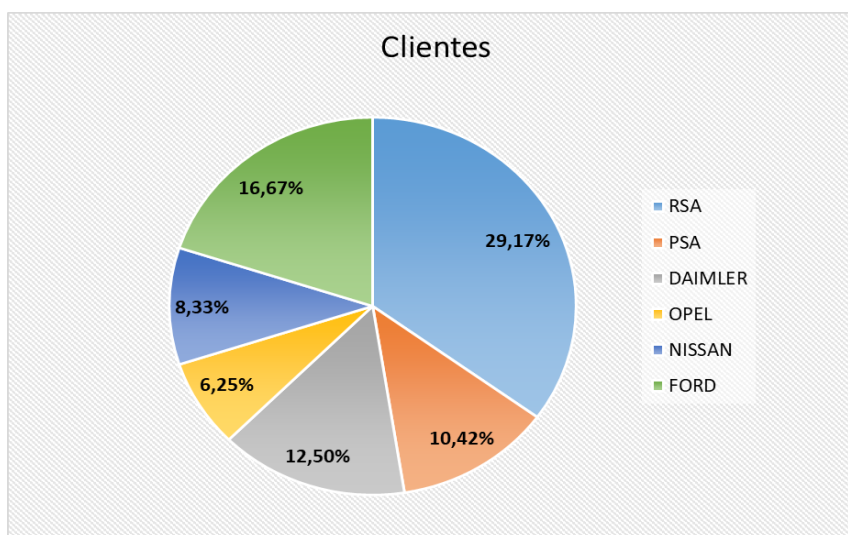


Figura 25 – Volume de produção por cliente (Empresa em estudo).

A empresa adota três tipos de processos, de acordo com a procura do cliente. Esses tipos de processos são:

- **Make to Order (MTO)** – quando a procura é pontual, isto é, só precisa de ser fabricado quando o cliente pede;
- **Em série** – quando o pedido é frequente e, neste caso, há uma produção contínua dos produtos;
- **Recâmbios (REC)** – são produtos que já não são fabricados, mas que ocasionalmente o cliente pede para troca ou substituição de uma peça antiga.

Opera em contínuo durante 24 horas por dia, 7 dias por semana. Normalmente, as linhas trabalham em três turnos de 8 horas por dia durante 5 dias por semana. No entanto, quando se prevê que não se vai atingir as quantidades que são necessárias, algumas das linhas podem passar a operar em dois turnos de 12 horas durante 7 dias por semana. As três equipas que trabalham durante 8 h/dia são denominadas de equipa M (Manhã), N (Tarde) e V (Noite), e as quatro equipas que trabalham durante 12 h/dia são denominadas por A, B, C e D.

3.2 Caracterização do problema

O problema apresentado nesta dissertação representa uma situação com que a empresa se tem debatido há algum tempo, e que é o elevado nível de sucata produzida na zona de preparação. Como consequência disso, existe uma baixa capacidade produtiva das linhas de montagem que lhe sucede.

Então, antes de aplicar qualquer correção ao sistema produtivo, foi necessário, em primeiro lugar, fazer uma análise da situação atual. Para isso, e em termos de contextualização, foi analisado o custo de peças rejeitadas das três linhas de montagem que recebem os componentes dessa zona, para determinar qual a linha mais prejudicada em termos de sucata. O período de análise utilizado foi desde **1 de fevereiro a 31 de abril de 2018**, e o resumo dos dados obtidos pode ser analisado na Tabela 9.

Tabela 9 – Tabela resumo do custo de rejeição em cada linha de produção no período em análise (Autoria Própria).

Linha	Quantidade total de peças rejeitadas (unidades)	Custo total de peças rejeitadas (€)
AA10	5829	15 548,35 €
AA12	6445	25 701,96 €
AA14	3409	7 646,52 €

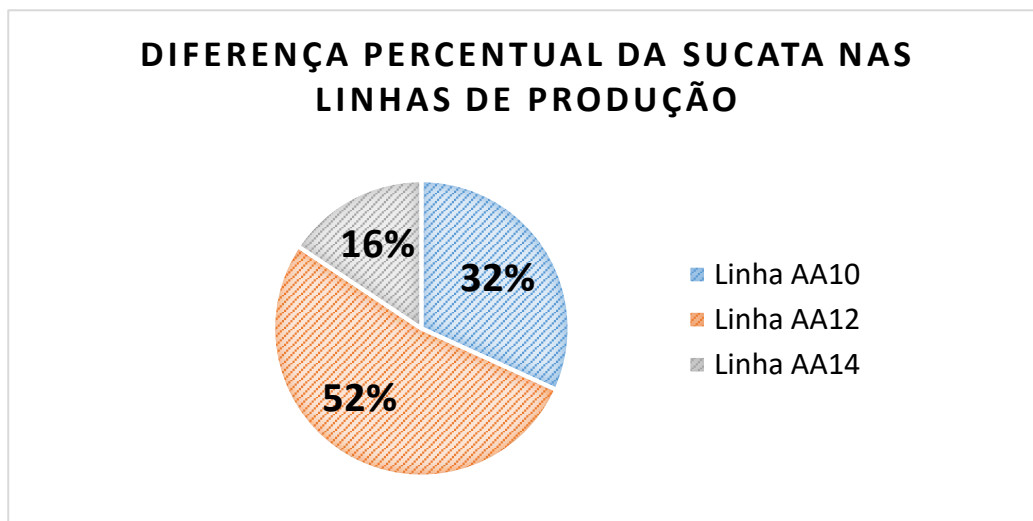


Figura 26 – Quota percentual da sucata nas linhas de produção (Autoria Própria).

Pela Tabela 9, pode-se concluir que a linha que apresenta um maior custo de sucata é a linha AA12 que, em aproximadamente 3 meses, gerou 25 701,39 € em componentes não conformes. Comparativamente com as restantes linhas de produção, pelo gráfico da Figura 26 pode-se ver que corresponde a 52% dos custos de peças que foram rejeitadas, sendo esta a linha mais crítica.

Uma vez considerada esta linha crítica relativamente à sucata, foram analisados quais os defeitos que mais contribuíram para este problema. Desta forma, a Tabela 10 e a Tabela 11 mostram o número de peças rejeitadas para cada defeito encontrado na linha, e o custo associado. Os tipos de defeito seguem um código que está presente no Anexo II.

Tabela 10 – Defeitos encontrados na linha de produção AA12 (Autoria Própria).

Código de Defeito	Quantidade Total	Custo Total	%
FU	1487	12 658,91 €	49,25%
CI	1915	3 508,92 €	13,65%
AP	636	3 167,35 €	12,32%
PC	1134	2 181,56 €	8,49%
PP	227	1 218,44 €	4,74%
FI	219	653,46 €	2,54%
FS	73	473,63 €	1,84%
SO	41	420,26 €	1,64%
DF	442	352,33 €	1,37%
SC	30	275,09 €	1,07%
MA	21	213,90 €	0,83%
OV	22	196,23 €	0,76%
DO	110	61,47 €	0,24%
GM	7	58,92 €	0,23%

Tabela 11 – Defeitos encontrados na linha de produção AA12 (continuação) (Autoria Própria).

Código de Defeito	Quantidade Total	Custo Total	%
SP	10	55,95 €	0,22%
SV	6	49,33 €	0,19%
RF	19	42,92 €	0,17%
CE	6	23,99 €	0,09%
VM	2	23,31 €	0,09%
DP	5	17,31 €	0,07%
MO	8	16,92 €	0,07%
DN	6	12,11 €	0,05%
RD	1	9,45 €	0,04%
FX	15	4,50 €	0,02%
CM	1	4,23 €	0,02%
EL	2	1,47 €	0,01%
Total Geral	6445	25 701,96 €	100%

Com os dados obtidos, foi realizado o diagrama de Pareto da Figura 27. Nele podemos concluir que os defeitos que mais contribuem para o valor de sucata na linha são fugas (FU).

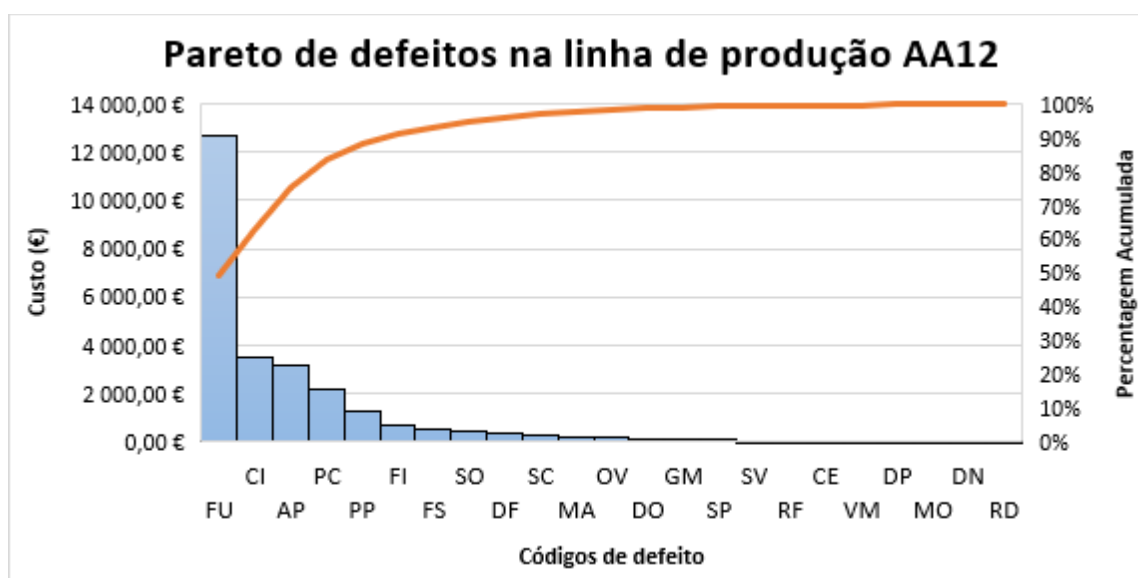


Figura 27 – Pareto de defeitos na linha de produção AA12 (Autoria Própria).

O defeito de fugas, em quase todos os casos, é o que apresenta um custo de sucata mais elevado, uma vez que o controlo que deteta este tipo de defeitos é realizado apenas no fim do processo, quando o produto já está montado com todos os componentes. Estas fugas, na maioria dos casos, devem-se a uma má soldadura proveniente da zona de preparação que antecede a linha de produção.

Existem duas zonas de preparação designadas por DS1 e DS2, que fornecem os produtos às linhas de produção. O passo seguinte foi analisar se a sucata, em valor monetário, se mantém

mais ou menos equilibrado entre todas as referências ou se, por outro lado, existem referências mais propensas a este defeito ou não. Após isso, pode-se associar a zona onde esses componentes são produzidos. A análise do Pareto correspondente pode ser vista na Figura 28.

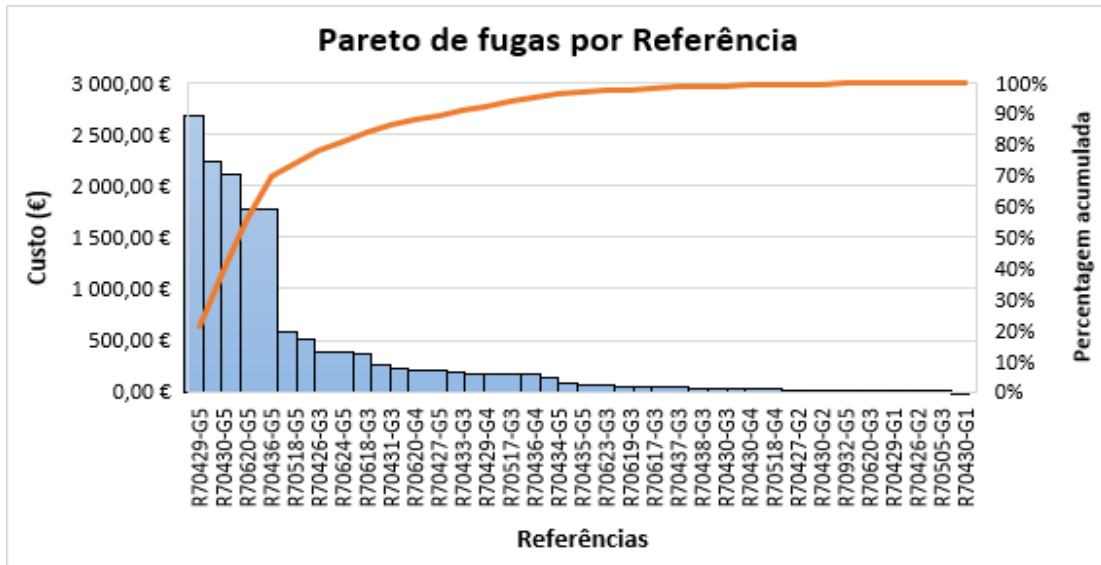


Figura 28 – Pareto de fugas por referência na linha AA12 (Autoria Própria).

Segundo a Figura 28, pode-se verificar que as referências onde incide mais a sucata devido ao defeito de fugas são a R70430-G5, que originaria o produto final de referência T.70430, a R70429-G5, que originaria o produto final de referência T.70429 e a R70620-G5, que originaria o produto final de referência T.70620. Para estas mesmas referências, foi analisada a evolução atual do problema, de acordo com a produção para o período de análise previamente definido. Este estudo é apresentado na , Figura 30 e Figura 31.

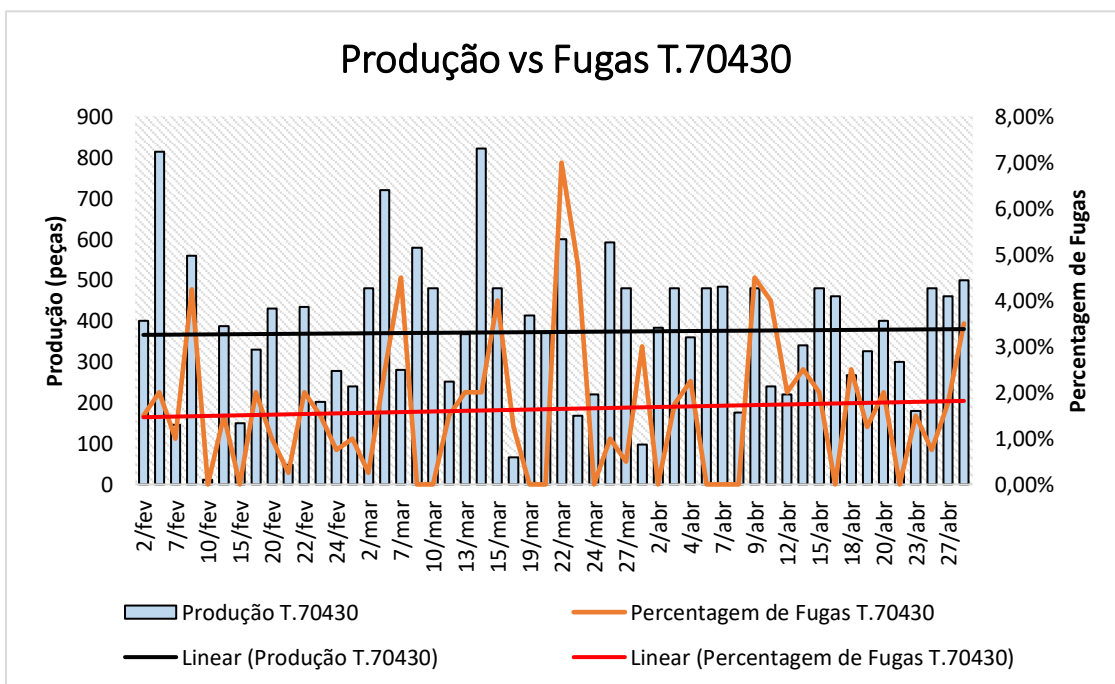


Figura 29 – Produção vs fugas na referência T.70430 (Autoria Própria).

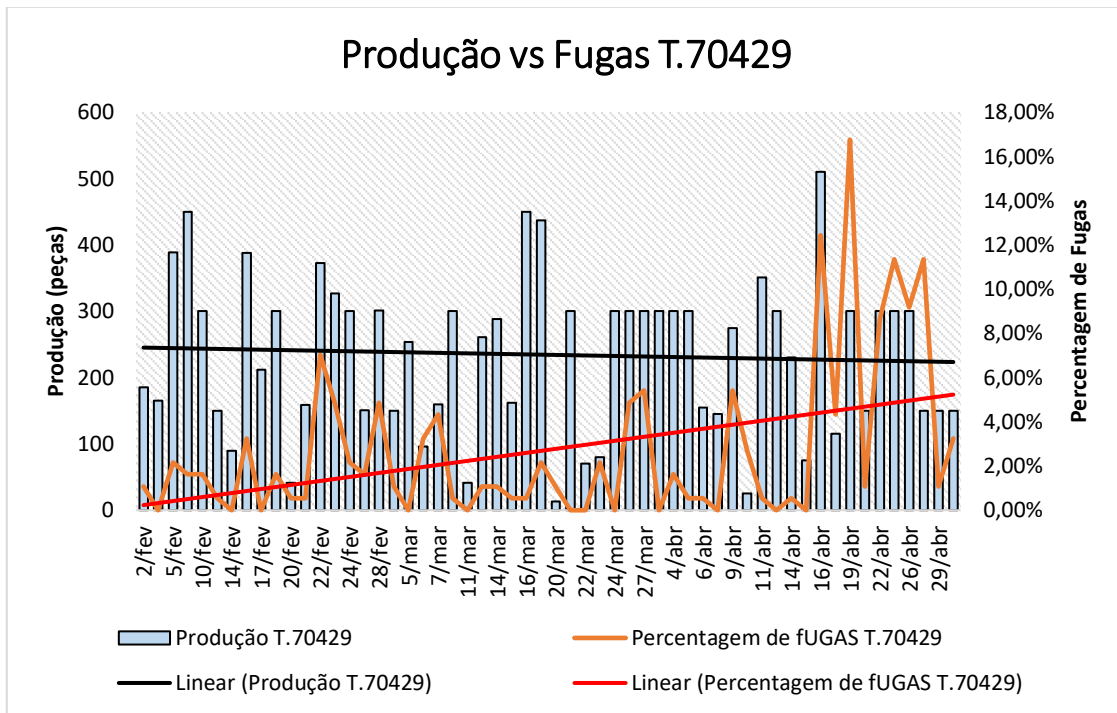


Figura 30 – Produção vs fugas para a referência T.70429 (Autoria Própria).

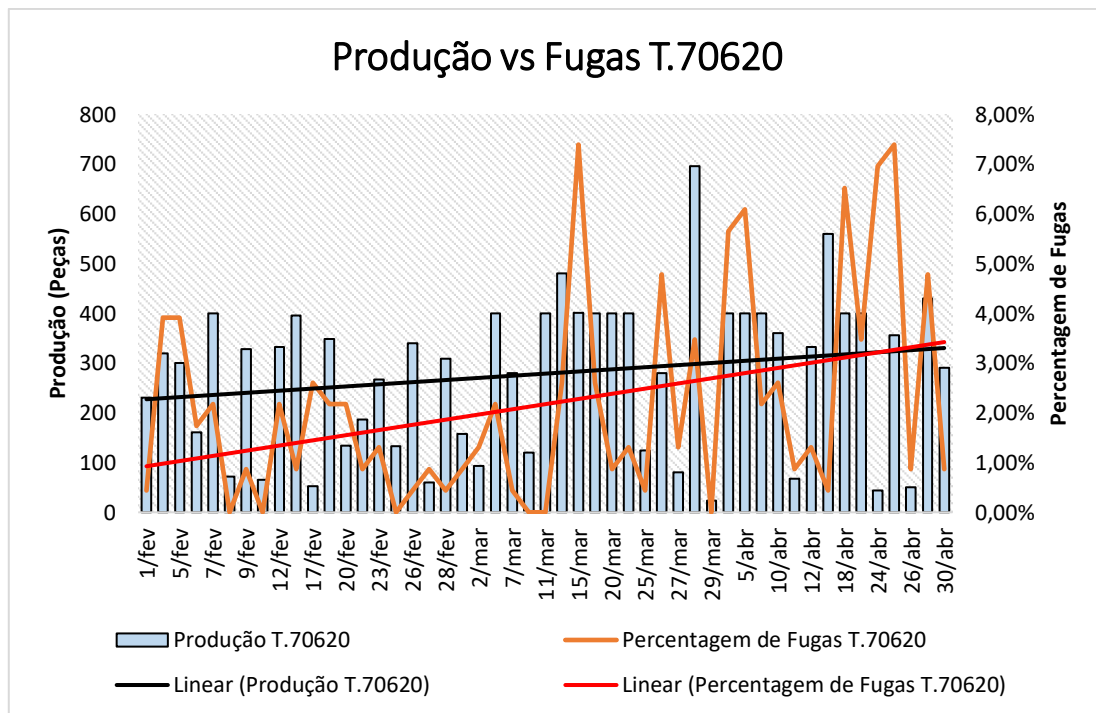


Figura 31 – Produção vs fugas para a referência T.70620 (Autoria Própria).

Analisando as peças em causa, em quase todos os casos estas apresentam fuga pela zona marcada a vermelho na Figura 32, Figura 33 e Figura 34.



Figura 32 – Zona soldada na referência T.70430 (Empresa em estudo).



Figura 33 – Zona soldada na referência T.70439 (Empresa em estudo).

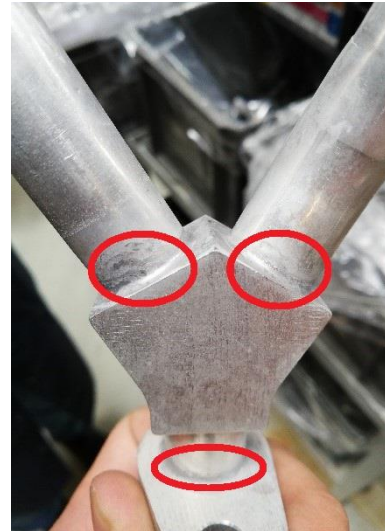


Figura 34 – Zona soldada na referência T.70620 (Empresa em estudo).

Estes semi-elaborados são todos produzidos na zona de preparação DS1, pelo que será esta a zona onde vai ser focado o estudo da redução de sucata e aumento de produtividade. Pela análise dos gráficos, pode-se verificar que em todas elas a tendência de fugas é crescente, sendo mais acentuada nas referências T.70429 e T.70620. Quanto à produção enquanto que a referência T.70430 tem uma tendência aproximadamente constante, a referência T.70429 tem uma tendência de produção crescente e para a referência T.70620 apresenta uma tendência decrescente.

3.3 Apresentação da zona de preparação e do processo produtivo

A zona DS1 apresenta um conjunto de processos que transforma a matéria prima em produtos semielaborados. Estes produtos, após serem produzidos, vão para o *shopstock* ou para a linha, caso sejam necessários no momento. Como dito anteriormente, os principais semielaborados responsáveis pelo elevado valor de sucata são produzidos nesta zona.

Analisando então a zona DS1 mais pormenorizadamente, esta pode ser dividida em duas áreas distintas, as quais foram identificadas como PRG6 e PRG7. A Figura 35 mostra um *layout* em *AutoCAD* da zona de preparação, onde é possível ver a localização de cada máquina e a divisão das zonas

Estas zonas foram definidas para facilitar a introdução da sucata no sistema da empresa. Tudo o que seja rejeitado na zona PRG6, entrará no sistema como PRG6 e o mesmo acontece para a outra área. Dependendo do código de defeito que foi associado pelos operadores, é possível localizar, na maior parte dos casos, em que máquina foi produzida a peça defeituosa e atuar para resolver a causa do problema. Concluída esta fase, passou-se para o estudo das referências que cada zona produz.

Tabela 12 – Separação das referências por famílias (Autoria própria).

Referências	Tempo de ciclo (s)	Nº da Família	Nome de código
P9531011 P9531016 P9431040	63,80	1	T Antigo
P9531012 P9531017	57,20	2	Não T Antigo
P9531014 P9531020	63,80	3	T Novo
P9531013 P9531019	56,10	4	Não T Novo
P9331802	63,40	5	Borboleta
P9531806	94,90	6	Duplo
P9531803 P9531807	94,90	7	Duplo Simples
P9341822A P9431805A	58,40	8	Rena

Assim, é mais fácil de compreender que a zona PRG6 produz as famílias 1,2,3 e 4 e a zona PRG7 as famílias 5, 6, 7 e 8. De seguida, segue-se a explicação do processo produtivo dos componentes para cada área.

Para a zona PRG6 a Figura 36 mostra o fluxograma do processo de fabrico das referências que são produzidas.

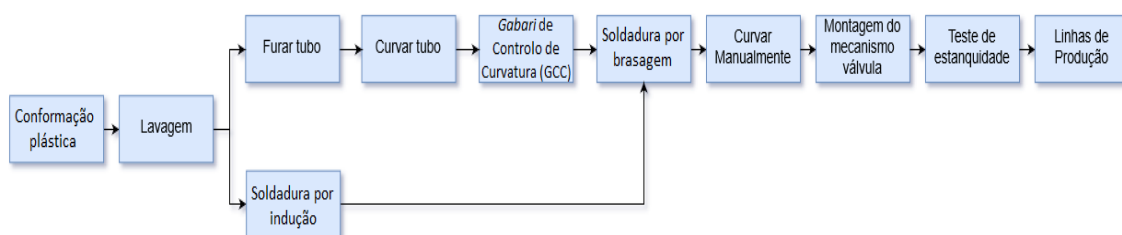


Figura 36 – Fluxograma do processo de fabrico na zona PRG6 (Autoria Própria).

Já para a zona PRG7, o processo produtivo das referências está representado no fluxograma da Figura 37.

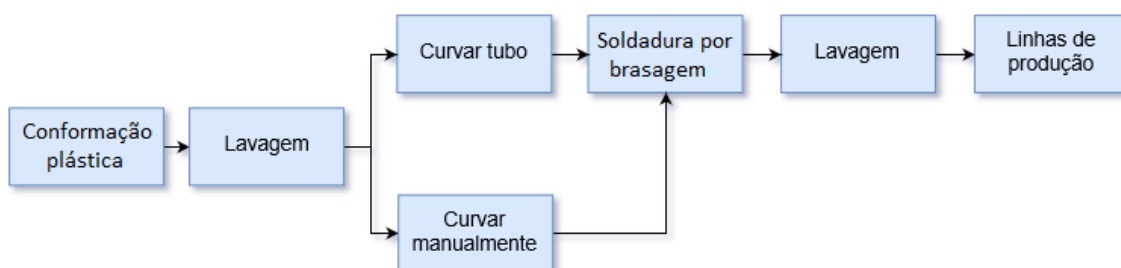


Figura 37 – Fluxograma do processo de fabrico na zona PRG7 (Autoria Própria).

Em complemento à informação descrita anteriormente, a Tabela 13 e a Tabela 14 apresentam uma breve exposição das várias etapas presentes em ambos os processos, com o objetivo de entender o que acontece em cada uma delas.

Tabela 13 – Descrição geral de cada etapa do processo produtivo (Autoria Própria).

Etapa	Descrição	Figura associada
Conformação plástica (Embutição)	Trata-se de um processo de deformação plástica do material onde o tubo ganha a forma pretendida. Dependendo do tipo de deformação, pode ter mais do que uma etapa, sendo a última comum a todas que é a remoção das limalhas que possam ter ficado no tubo após conformação com um escovilhão. Em cada fase, a peça é lubrificada com óleo, para facilitar as fases seguintes.	Figura 38
Lavagem	Após a conformação, as peças precisam ser lavadas numa máquina para retirar o óleo. A máquina apresenta um tanque de lavagem por ultrassons com detergente e outro com enxaguamento com água.	-
Soldadura por Indução	As peças são unidas e cobertas com decapante para auxiliar na soldadura. A peça a soldar é colocada verticalmente na máquina, dentro de uma bobina, onde posteriormente é fixa através de um peso e de um suporte para a válvula. Após isso, é fechada a caixa de segurança, isolando a peça do exterior, e é soldada por aquecimento da bobina. No fim da soldadura a peça é arrefecida através de um jato de ar e, posteriormente, é colocada num tanque com água, para arrefecer e limpar possíveis restos de decapante.	Figura 39
Furar	As peças são colocadas numa máquina de furar e, definida a localização do furo, é furada no local pretendido.	Figura 40
Curvar	Após a furação, as peças vão para uma curvadora automática, onde são curvados para ganhar a geometria, de acordo com a ficha técnica do tubo a produzir.	Figura 41
GCC	Trata-se de um <i>gabari</i> de controlo de curvatura (GCC). Todas as peças curvadas têm de passar nele para garantir que estão bem curvadas. Caso alguma não entre ou apresente grande dificuldade, poderá causar problemas caso continue o processo. Em alguns casos estes, GCC estão ligados em <i>Poka-Yoke</i> . Significa isto que não permite avançar no ciclo sem que se verifique a peça no controlo.	Figura 42

Tabela 14 – Descrição geral de cada etapa do processo produtivo (continuação) (Autoria Própria).

Etapa	Descrição	Figura associada
Brasagem	A brasagem é uma etapa complexa no processo produtivo em muitas referências. As peças a ligar são posicionadas em colocadores específicos para a referência em questão. Então, são colocados os restantes componentes e é adicionado decapante para ajudar na soldadura. Estando todos os componentes fixos, o carro que contém os bicos da chama avança assim que o operador prime o botão de início de ciclo, fazendo com que a chama incida na zona a soldar. No fim, o carro recua, há um sopro para ir arrefecendo a peça gradualmente e um jato de água para completar o arrefecimento da peça, para poder ser retirada. Como se trata de um posto crítico para a qualidade, todas as peças têm de ser verificadas, para ver se estão conformes ou não.	Figura 43
Sopro + Teste de Obstrução + Curvar Manualmente	Após serem ligados, são introduzidos numa máquina onde ejeta ar dentro do tubo para o limpar da água. Após isso, é feito o teste de obstrução, utilizando para isso uma vareta para verificar se o furo após a soldadura está correto, ou se, por outro lado, houve algum problema e obstruiu o orifício. De seguida, os tubos são curvados manualmente. Tubos com uma geometria que não lhes permitam ser curvados de forma automática, têm de ser curvados através de uma máquina de curvar manual. Aqui, o operador é que, por meio de sistemas de aperto e alavancas, curva o tubo, aplicando força.	Figura 44
Montagem do mecanismo de válvula	Nesta etapa, é introduzido o obús dentro da válvula. Numa fase inicial, é feita a lubrificação no interior da válvula. De seguida, é introduzido o obús e é feito o seu aparafusamento.	Figura 45
Teste de Estanquidade	São introduzidos colocadores nas pontas dos tubos e uma tampa na válvula, e é mergulhada a peça num tanque com água. É feito passar um fluxo de água por uma das extremidades do tubo, para verificar se há fuga (bolhas de ar a sair das zonas soldadas). Nestes casos, o tubo é sucutado quando for retirado, no fim do teste.	Figura 46
Linhas de Produção	As peças são levadas para a linha de produção quando são necessárias. Lá, completam o processo de fabrico para serem transportados para o armazém de produto acabado. Se não forem necessárias para a linha no momento, são colocados no <i>stock</i> intermédio, até que sejam pedidas para produção.	-



Figura 38 – Exemplo de uma peça no fim da embutição (Empresa em estudo).



Figura 39 – Peça a ser soldada por indução (Empresa em estudo).



Figura 40 – Componente a ser furado (Empresa em estudo).

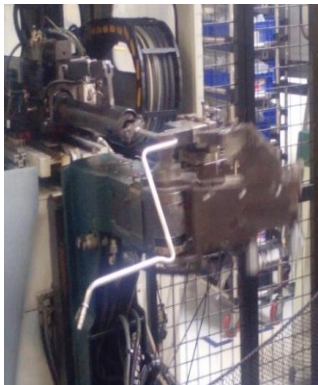


Figura 41 – Tubo a ser curvado (Empresa em estudo).



Figura 42 – Gabati de Controlo de Curvatura (GCC).



Figura 43 – Exemplo de uma máquina de brasar (Empresa em estudo).



Figura 44 – Máquina de sopro, curvar manual com teste de obstrução (Empresa em estudo).



Figura 45 – Máquina de montagem de mecanismo de válvula (Empresa em estudo).



Figura 46 – Máquina de teste de estanquidade (Empresa em estudo).

3.4 Análise dos problemas e testes realizados

Tendo já conhecimento do processo, pode-se passar então para a análise de cada problema crítico já mencionado. Isto passa por determinar as potenciais causas que originam estes problemas, e propor ações para os corrigir. Este capítulo está dividido em duas partes. O primeiro subcapítulo refere-se à baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG7, e o segundo à elevada quantidade de sucata gerada na zona PRG6.

3.4.1 Baixa produtividade na zona PRG7

De acordo com a análise dos problemas feita anteriormente, as fugas são, de longe, o defeito que mais impacto tem, quer no elevado valor de sucata, quer na produtividade da zona de preparação DS1 e, posteriormente, nas paragens da linha AA12 por falta de material.

No entanto, devido ao facto de não haver um controlo a 100% a todas as referências em causa, algumas peças não conformes podem passar para a linha de produção e são detetadas lá. Por esse mesmo motivo, há a probabilidade de uma grande quantidade de peças não conformes passarem para a linha, prejudicando a produção da mesma.

A Figura 47 mostra um esquema dos tipos de fugas que podem ocorrer. Podem existir fugas verdadeira onde a peça é imediatamente rejeitada ou fugas falsas. Neste caso elas podem ser fugas grandes ou fugas pequenas, dependendo da causa do problema. Isto requer a um trabalho suplementar.

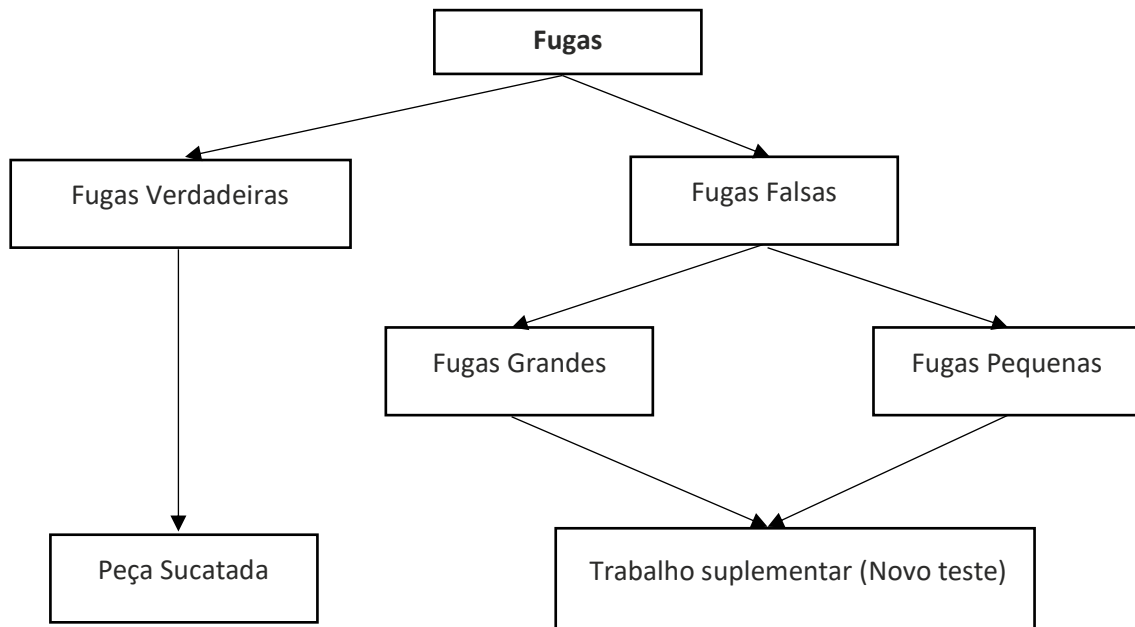


Figura 47 – Tipos de fugas que podem ocorrer (Autoria Própria).

O procedimento que a empresa adotou para o caso das fugas falsas foi o seguinte:

- Em caso de três fugas falsas seguidas (ou três ciclos seguidos a acusar fuga, caso se testem dois tubos ao mesmo tempo), parar e chamar a monitora da linha;
- Caso se trate de fuga fina, trocar os *O-Rings* dos colocadores e testar novamente. Possíveis restos de limalhas contidos nos *O-Rings* podem dar origem a um mau aperto do colocador, e dar origem a uma fuga pequena;
- Caso se trate de fuga grande, testar novamente os tubos um a um na cabina no fim do turno, ou antes da mudança de referência;
- Em caso de fuga, levar novamente os tubos um a um, à piscina onde são testados para determinar se tem fuga ou não, fazendo passar ar a uma determinada pressão no tubo, dentro de água.

Neste último caso, quando o operador necessita de se deslocar à piscina para fazer o teste ele sai do posto, baixando a eficiência da linha.

Foi realizado um estudo do tempo que é perdido nesse trabalho suplementar onde se constatou que a operadora demorava cerca de 42 segundos na deslocação (ida e volta), acrescidos de aproximadamente 22 segundos de teste por cada tubo, contemplando já carga e descarga do mesmo. O gráfico da Figura 48 mostra a perda de eficiência da linha, dependendo do número de tubos que sejam necessários testar na piscina.

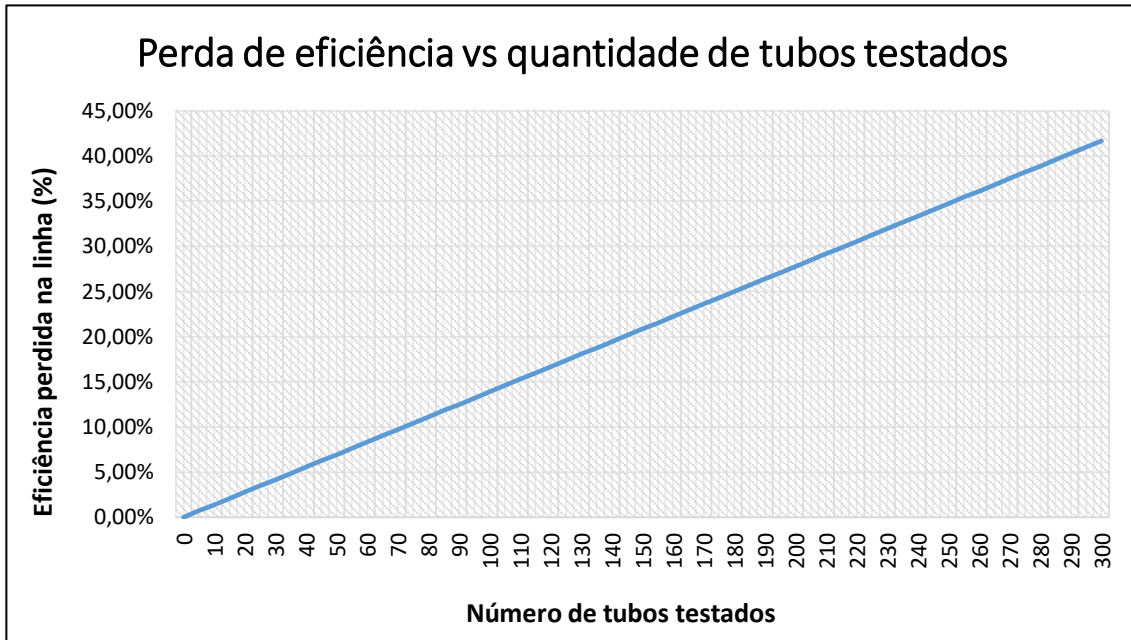


Figura 48 – Perda de eficiência vs número de tubos testados fora de linha (Autoria Própria).

Quanto mais tubos tiverem de ser testados novamente, maior será o tempo de trabalho suplementar, e menor será a eficiência e a produção da linha no final.

As fugas falsas podem não ser causadas unicamente por problemas no colocador. O ambiente da fábrica, a falta de manutenção preventiva à mesma, entre outros, também pode originar fuga numa peça que não tem qualquer defeito. Analisou-se então o problema das fugas falsas e quais as causas que podiam contribuir para o problema. Desta forma, foi construído um diagrama de *Ishikawa* para a máquina da linha AA12, representado na Figura 49.

Como complemento do diagrama, segue-se uma breve explicação na Tabela 15 e na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** do porquê dos problemas mencionados serem potenciais

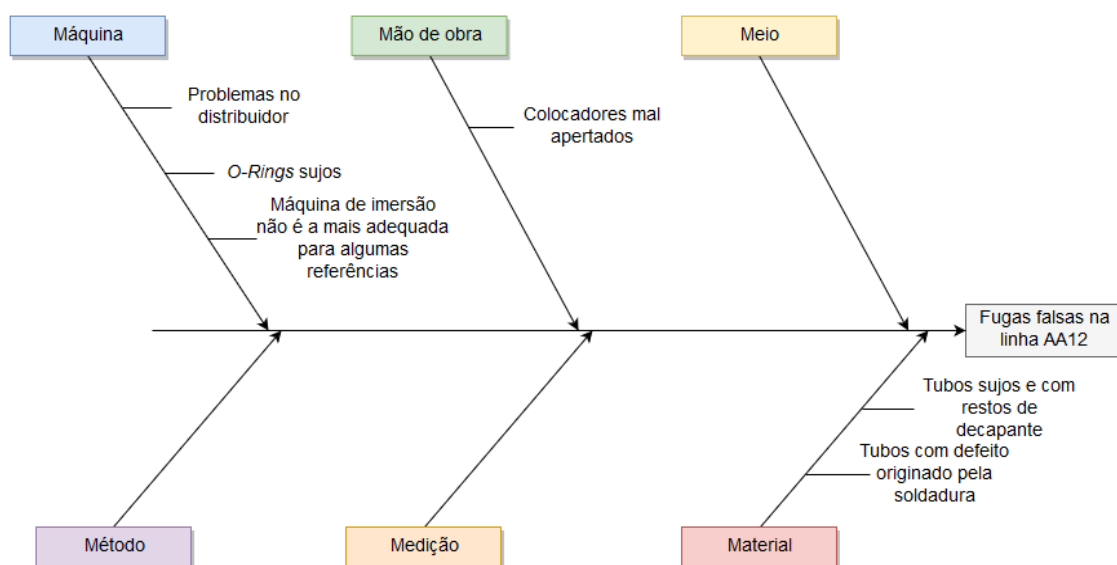


Figura 49 – Diagrama de *Ishikawa* para as fugas falsas na linha de produção AA12 (Autoria Própria).

causa para o problema.

Tabela 15 – Descrição de cada potencial causa (Autoria Própria).

Potencial causa	Descrição
Problemas no distribuidor	Se o distribuidor estiver danificado, pode apresentar fuga que não é do tubo, mas sim do distribuidor.
<i>O-Rings</i> sujos	Os <i>O-Rings</i> alocados nos colocadores, caso apresentem sujidade, tal como limalhas, por exemplo, podem originar fugas falsas. Por outro lado, se a zona onde é feita a vedação estiver danificada, pode dar origem a fugas falsas, uma vez que a fuga é do colocador e não do tubo em si.
Máquina de imersão não é a mais adequada para certas referências	Após soldadura na zona de preparação, algumas referências são colocadas numa pequena máquina de imersão com ultrassons, para retirar restos de decapante da peça. Esta máquina, para algumas referências, pode não ser a mais adequada, devido ao seu tamanho e/ou ser pouco eficaz.
Cabine contaminada	Caso a cabina esteja contaminada com limalhas ou restos de decapante, dá sempre fuga falsa, mesmo que os tubos não tenham qualquer tipo de defeito.
Colocadores mal apertados ou danificados	Caso os colocadores não estejam suficientemente apertados, pode originar uma fuga, visto que podem não fazer uma boa vedação entre o colocador e o tubo.
Tubos com restos de decapante da soldadura	Caso seja utilizado decapante a mais na soldadura, ou que o excesso não tenha sido retirado completamente após a soldadura, a peça pode ir para a linha com restos de decapante e contaminar a cabina.
Tubos com defeitos originados pela solda	Os tubos soldados podem vir para a linha com poros que não são possíveis de detetar a olho nú. Em alguns casos a presença de poros não rejeita a peça, no entanto, acaba por ser rejeitada na mesma por causa do mau aspeto visual.

No caso das fugas verdadeiras, estas quase sempre se devem a uma má soldadura que ocorreu na zona de preparação e tenha passado para a linha, por não existir um controlo a 100% das peças. Assim sendo, vai ser analisada a zona onde as referências são soldadas, de forma a tentar determinar as potenciais causas que originam uma má soldadura e, posteriormente, fugas na linha.

Antes de mais, é importante referir que a zona PRG7 é constituída pelas seguintes máquinas, estando o seu código entre parêntesis:

- Curvadora automática (CUR0033);
- Máquina de brasagem (PRG7);
- Curvadora automática (CUR0041);
- Curvadora manual.

Com isto, a Figura 50 mostra o diagrama de *Ishikawa* para o problema da baixa produtividade na zona PRG7, mais concretamente da máquina de soldadura, designada pelo mesmo código.

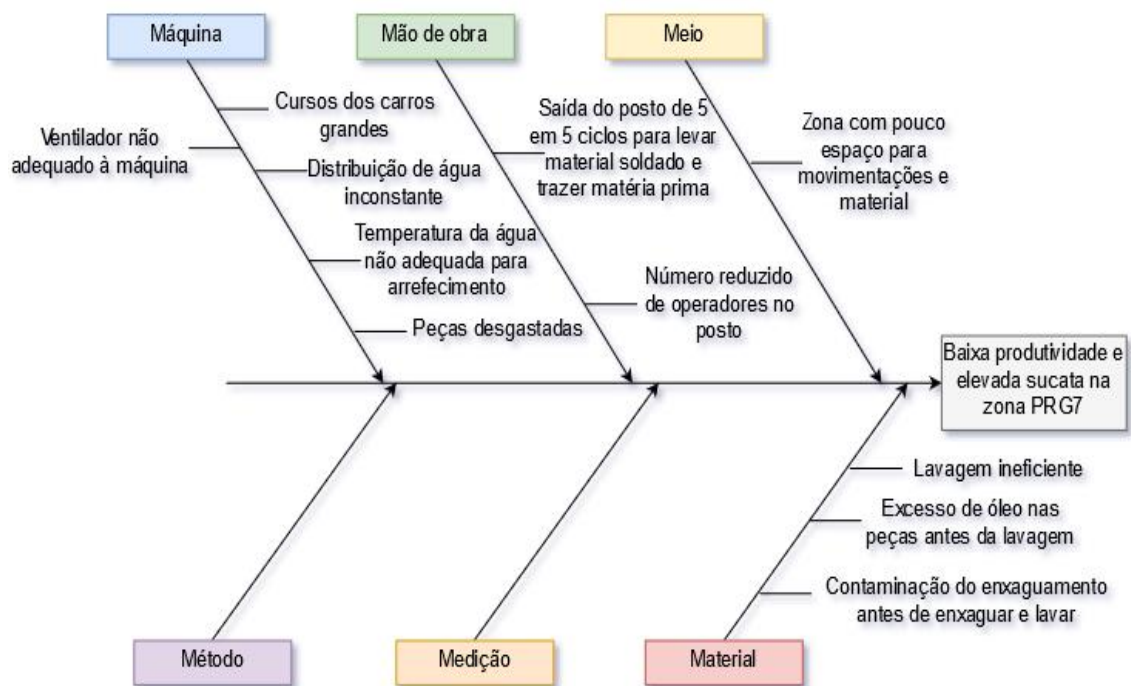


Figura 50 – Diagrama de Ishikawa para a baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG7 (Autoria Própria).

Como suplemento segue a análise de 5 Porquês na Figura 51, para descobrir a causa ou causas raíz do problema da zona PRG7.

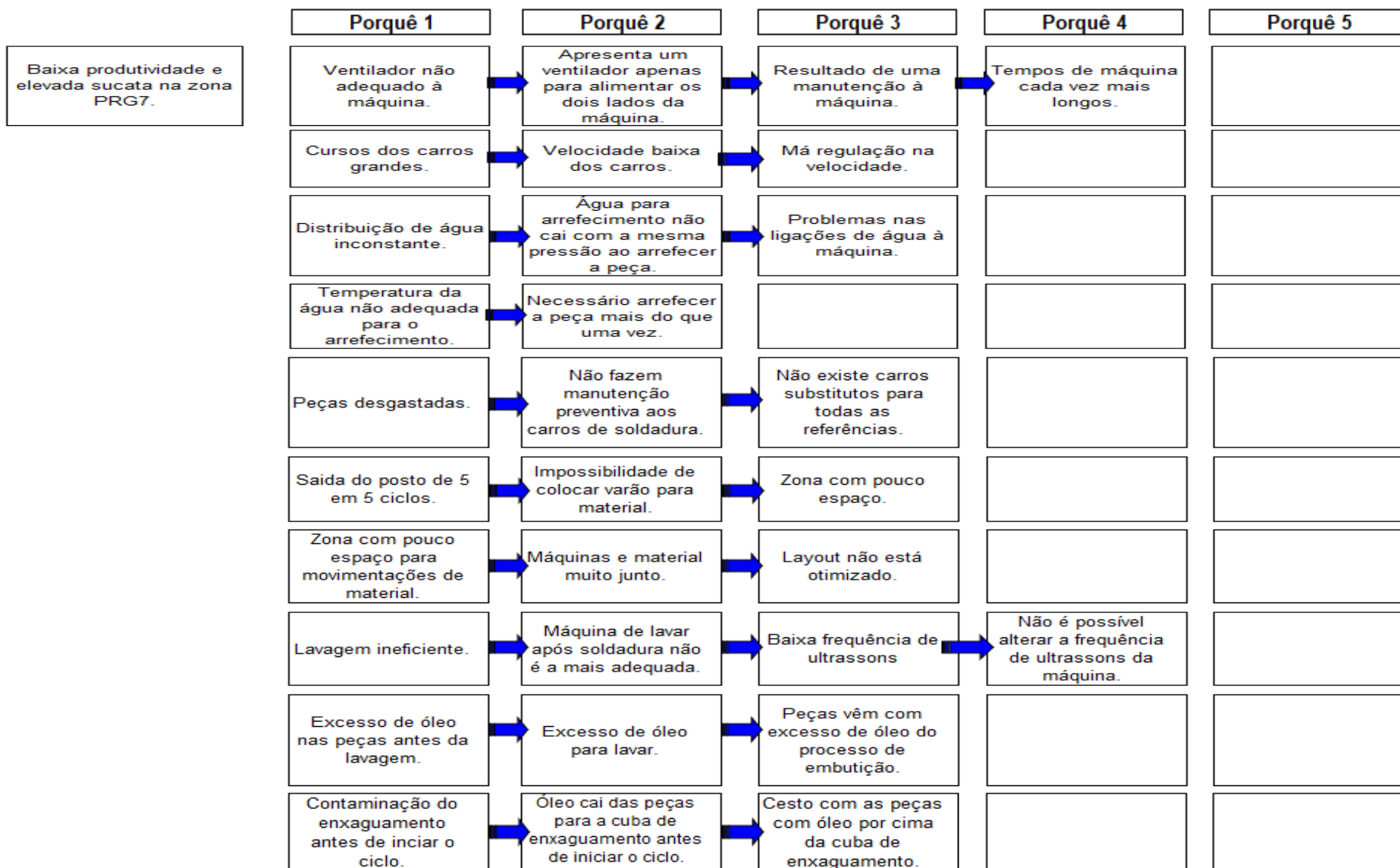


Figura 51 – Análise 5 Porquês para a baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG7 (Autoria Própria).

Fator Máquina

- **Peças desgastadas** - O facto de algumas peças na máquina estarem desgastadas, pode prejudicar a capacidade da máquina. Um exemplo disso é a variação do curso dos carros no avanço e recuo, e do facto dos carros terem dificuldade em avançar para soldar os tubos. Isto origina perda de tempo e, conseqüentemente, de capacidade produtiva;
- **Curso dos carros grandes** - o curso que os carros da máquina têm de percorrer, tem um impacto importante na capacidade da máquina. Por exemplo, a máquina tem um tempo de ciclo (considerando apenas um dos lados) de 100 segundos, onde o tempo de avanço e recuo do carro são ambos de 3 segundos. Nesta situação, a máquina teria uma capacidade de 36 peças/hora. Para um turno de 8 horas, isto significaria uma produção de 288 peças. Se se conseguisse reduzir o tempo de avanço e recuo em 2 segundos, por exemplo (redução de 67% no tempo de avanço e recuo), o tempo de ciclo da máquina passaria a ser de 96 segundos. Nesta situação, a capacidade da máquina seria de 38 peças/hora. Pode parecer um aumento pequeno, mas considerando um turno de 8 horas, o número de peças que seriam produzidas aumentaria para 300 peças (aumento de 4%);
- **Sistema de arrefecimento de água não funciona corretamente** - existem ciclos onde ambos os lados da máquina terminam de soldar em simultâneo. Nestas situações, ao arrefecer a peça (que ocorrerá também em simultâneo), há uma falha no fluxo da água em ambos os lados. Isto significa que de um dos lados a água perde pressão, enquanto que no outro lado não chega a cair água suficiente. Nestas situações, é necessário arrefecer a peça novamente, perdendo-se tempo e capacidade produtiva;
- **Ventilador da máquina não é o mais adequado** - A máquina de soldadura por brasagem pode soldar 2 peças por ciclo. Esta é constituída por um ventilador que alimenta por tubagens ambos os lados da máquina. Foi feita uma análise do histórico dos tempos de ciclo de cada referência para ambos os lados. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Evolução do tempo médio da ciclo na máquina de soldadura por brasagem, em segundos (Autoria Própria).

Tempo médio de ciclo (s)	Referências					
	Borboleta		Duplos		Rena	
	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B
2017	139	139	98	98	101	100
Março de 2018	142	142	100	100	110	109
Julho de 2018	182	149	142	115	115	117

Em termos gráficos, e considerando o maior tempo entre cada referência (correspondendo ao pior cenário), pode-se verificar este aumento assim como o decréscimo do número de peças por hora, em cada medição e por referência, na Figura 52 para a Borboleta, na Figura 53 para os Duplos e na Figura 54 para as renas.

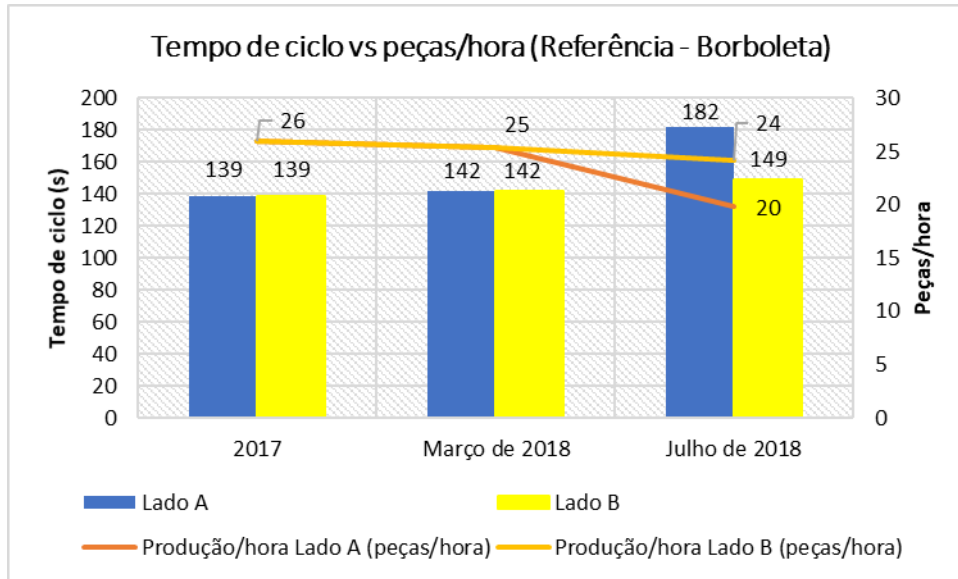


Figura 52 – Evolução do tempo de ciclo da máquina de soldadura por brasagem para a referência “Borboleta” (Autoria Própria).

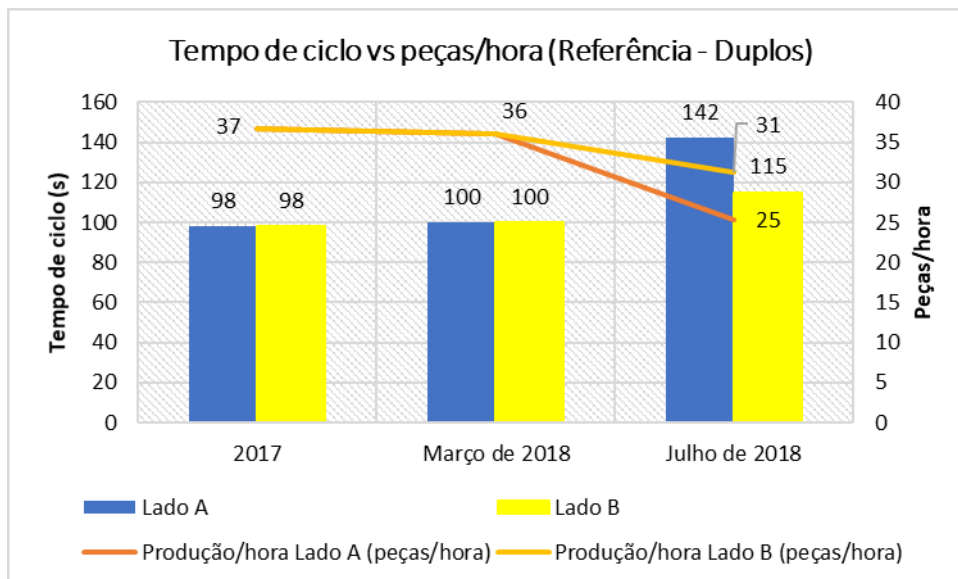


Figura 53 – Evolução do tempo de ciclo da máquina de soldadura por brasagem para a referência “Duplos” (Autoria Própria).

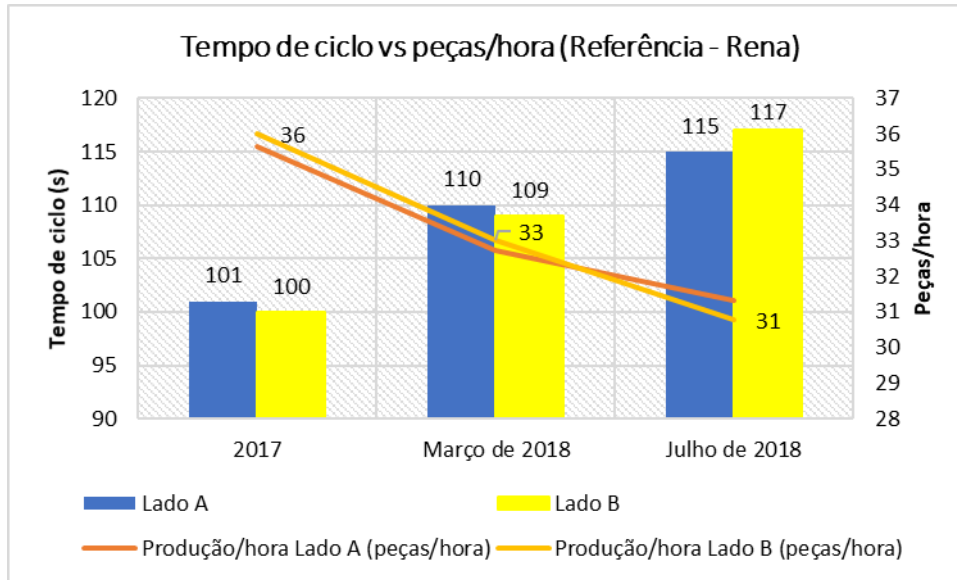


Figura 54 – Evolução do tempo de ciclo da máquina de soldadura por brasagem para a referência Renas (Autoria Própria).

Isto significa que ao longo do tempo a máquina tem vindo a ficar cada vez mais lenta, o que impacta diretamente na capacidade produtiva da máquina e da zona. Este aumento de tempo surgiu desde que houve uma troca do ventilador da máquina, no decorrer de uma operação de manutenção, e pode ser uma potencial causa do problema da baixa produtividade.

Fator Matéria-prima

- **Lavagem ineficiente** - resulta em sujidade dos tubos após a soldadura. As peças são lavadas numa pequena máquina durante 3 minutos, para retirar possíveis restos de decapante das peças. No entanto, os tubos podem não sair suficientemente limpos, originando problemas na zona de montagem, mais especificamente fugas falsas;
- **Excesso de óleo nas peças antes da lavagem** - No processo de conformação as peças são banhadas em óleo, para que seja possível embutir os tubos. O que acontece é que os tubos podem vir com excesso de óleo, o que posteriormente prejudica a lavagem e a soldadura, sendo esta última um processo crítico.
- **Contaminação do enxaguamento antes de enxaguar** - Antes do ciclo começar, o operador coloca as peças com óleo no cesto. Este cesto encontra-se inicialmente por cima da água onde é feito o enxaguamento. Enquanto as peças são colocadas no cesto, já há óleo a escorrer desse cesto para a água, uma vez que este é furado. Iniciado o ciclo, as peças vão para lavar. Quando chegam à fase de enxaguamento, a água já se encontra suja com óleo, prejudicando a lavagem.

Foi analisado o processo de conformação. As peças podem ser embutidas de forma automática, semi-automática ou manual. Em todos os tipos de máquina, a quantidade de óleo presente nas peças é bastante elevada. A Figura 55 e a Figura 56 mostram um exemplo das peças saídas da máquina semi-automática, e automática e manual.



Figura 55 – Óleo presente nas peças na máquina automática e semi-automática (Empresa em estudo).



Figura 56 – Óleo presente nas peças na máquina manual (Empresa em estudo).

Tentou-se perceber também a quantidade de óleo que a máquina de lavar decantava. Para isso, utilizou-se panos absorventes de óleo e repelentes de água na zona de decantação, de forma a melhorar a lavagem dos tubos antes de soldadura e tirar algumas conclusões sobre o processo. A Figura 57 e Figura 58 mostram o pano absorvente limpo e um sujo após ter sido deixado durante um dia na máquina, respetivamente. De notar que o pano inicialmente pesava 0,04 kg e, no dia seguinte (passados 2 turnos), 0,37 kg (aumento de 89%).



Figura 57 – Pano absorvente de óleo limpo (Empresa em estudo).



Figura 58 – Pano absorvente de óleo sujo (Empresa em estudo).

Fator Mão-de-obra

- **Saídas frequentes do posto** - Verifica-se que o operador necessita de sair do posto em algumas referências para colocar os tubos nos varões e trazer material para soldar.
- **Número de operadores insuficientes** - O facto de ser apenas um operador a trabalhar no posto, pode originar baixa produção, caso haja máquinas que fiquem à espera quando o operador está a carregar outra, por exemplo.

Foi verificado que isto acontece frequentemente de 5 em 5 ciclos, perdendo-se em média 35 segundos de cada vez que o operador se ausenta do posto. Numa produção de 8 horas, é perdida aproximadamente meia hora de trabalho, o que origina uma perda de produção de 7% (aproximadamente uma diminuição de 30 peças).

Fator Meio

- **Espaço insuficiente na zona** - Estando ligado à causa das saídas frequentes, a zona apresenta pouco espaço para trabalhar, dificultando as movimentações e a colocação dos materiais. Isto faz com que o operador saia do posto, perdendo tempo de produção.

A Figura 59 mostra a zona de preparação e o escasso espaço disponível para se trabalhar.



Figura 59 – Zona de preparação PRG7 (Empresa em estudo).

3.4.2 Baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG6

A zona PRG6 fabrica tubos e fornece-os para a linha de produção AA10. Produz as famílias 1,2,3 e 4, apresentadas na Tabela 12. A soldadura destes tubos não é fácil, dada a sua geometria e dimensão, pelo que qualquer variação no processo pode causar facilmente a rejeição de peças. A Figura 60 e a Figura 61 mostram exemplos de tubos que são produzidos nessa zona, dependendo da sua família. A diferença entre os tubos novos e antigos reside apenas na válvula, mantendo-se tudo o resto da peça.



Figura 60 – Exemplo de um tubo da família "NT" (Empresa e Autoria Própria).

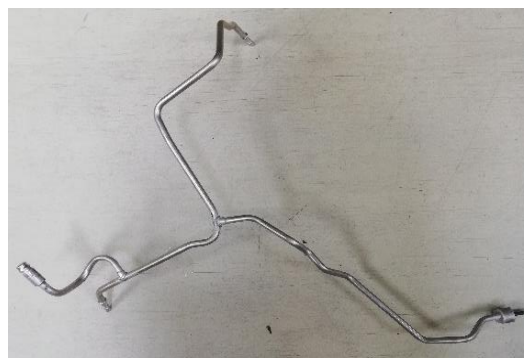


Figura 61 – Exemplo de um tubo da família "T" (Empresa em estudo).

Pode-se observar na Figura 62 a evolução da sucata na zona PRG6 nos meses de fevereiro a abril (análise de 89 dias).

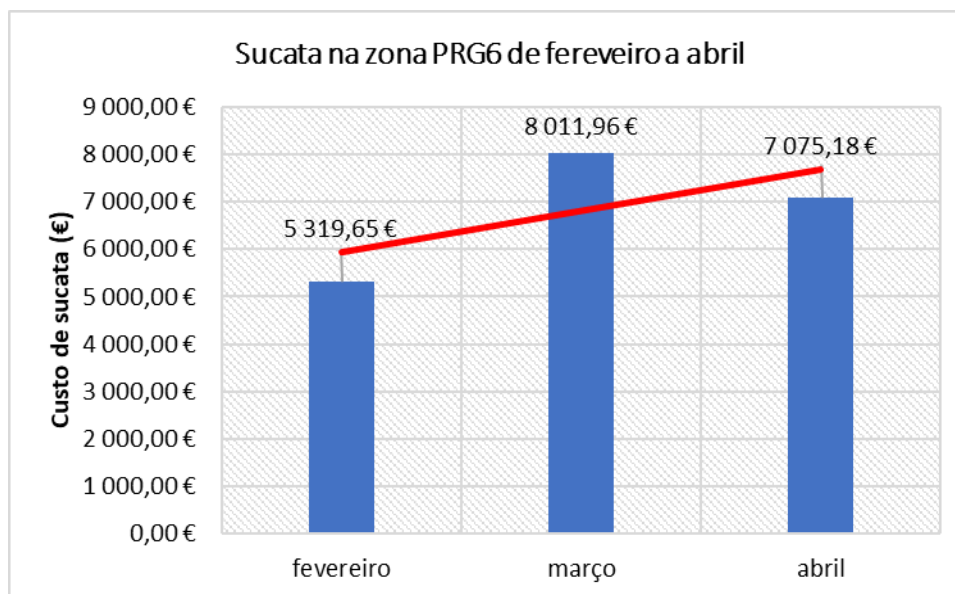


Figura 62 – Valor mensal de sucata de fevereiro até julho (Autoria Própria).

Tal como foi feito no subcapítulo anterior, foram realizados diagramas de *Ishikawa* para determinar as potenciais causas do problema da elevada sucata da zona PRG6 e da baixa produtividade. É necessário ter em conta que a PRG6 engloba todos os defeitos das máquinas que se seguem:

- Máquina de furar;
- Curvadora automática;
- Máquina de soldadura por indução;
- Máquina de soldadura por brasagem;
- Curvadora manual com teste de obstrução;
- Máquina de montagem de mecanismo de válvula;
- Cabina de teste de água.

Começando pela zona da PRG6, a Figura 63 mostra o diagrama de *Ishikawa* com as possíveis causas da elevada sucata originada nessa zona.

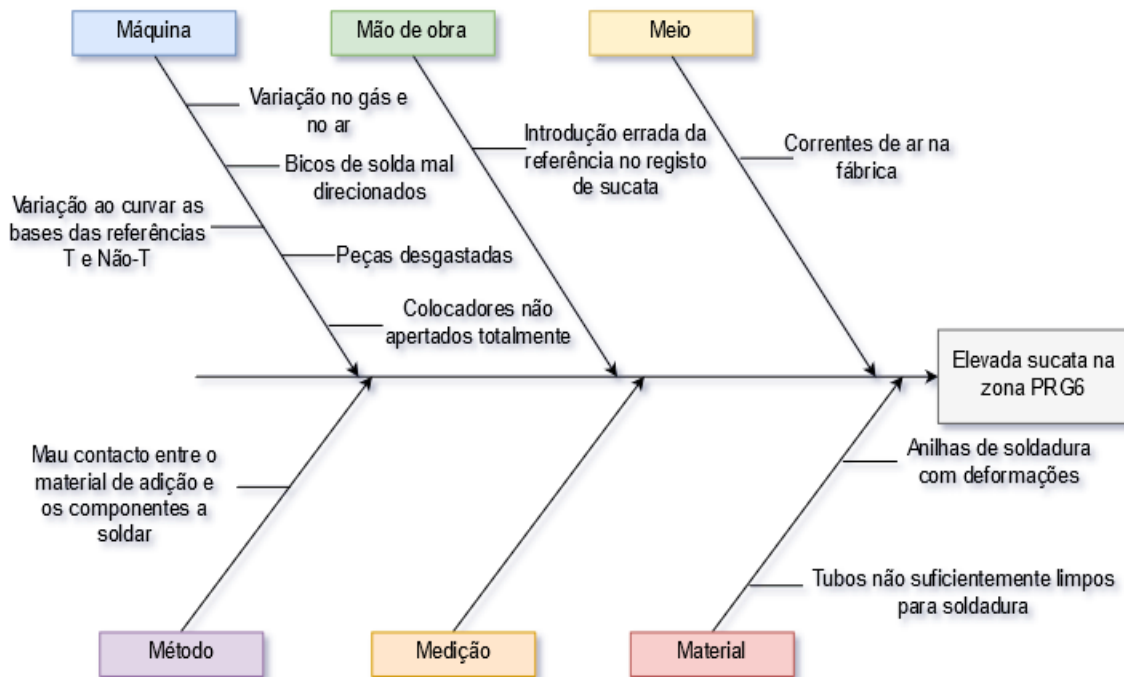


Figura 63 – Diagrama de Ishikawa para o problema da sucata elevada na PRG6 (Autoria Própria).

Como complemento a Figura 64 mostra a análise 5 Porquês para o problema da elevada sucata na zona PRG6.

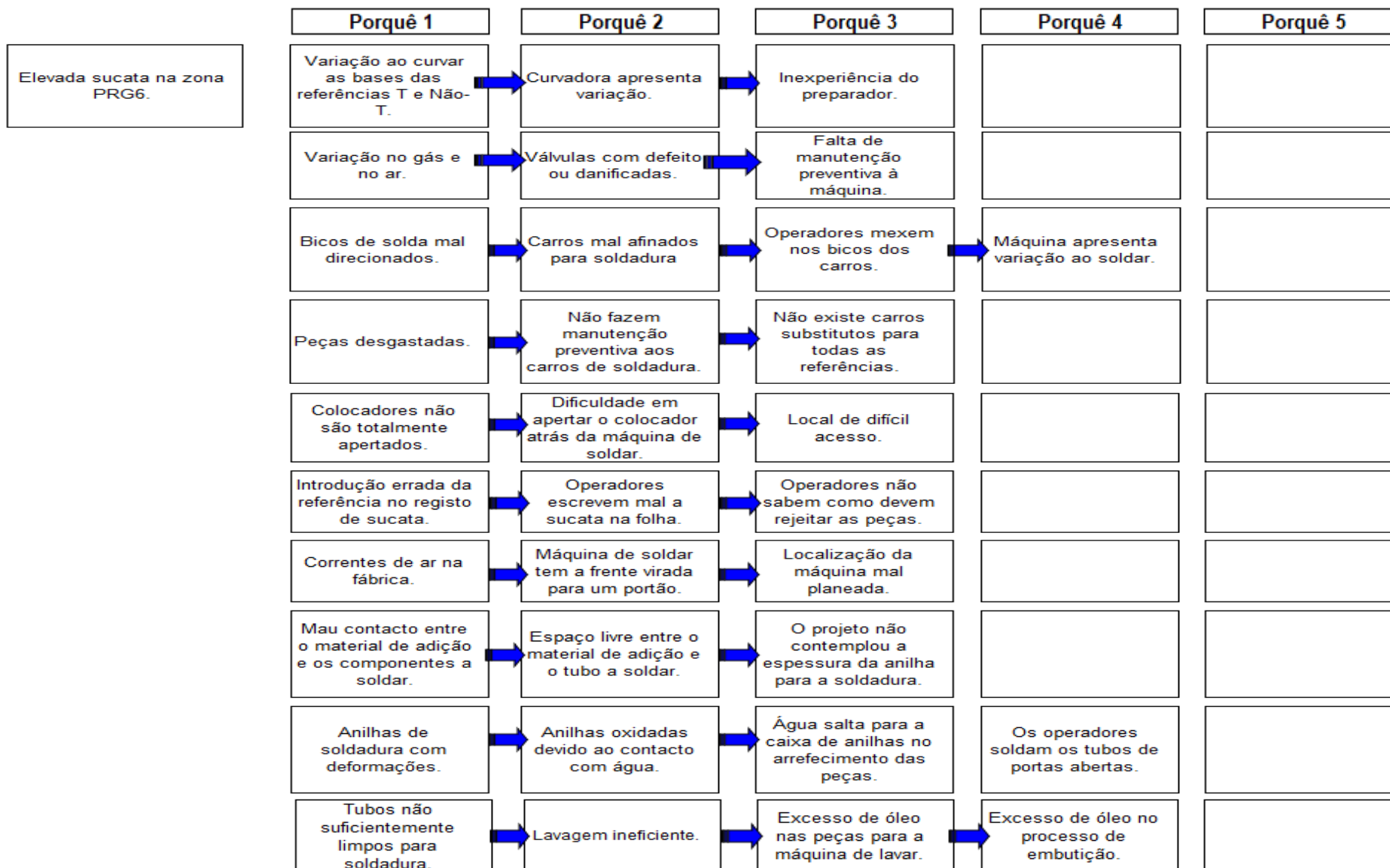


Figura 64 – Análise 5 Porquês para a elevada sucata na zona PRG6 (Autoria Própria).

Fator Máquina

- **Varição do gás e do ar:** durante a soldadura, as variações existentes na entrada do ar e na entrada do gás, comprometem a qualidade da soldadura, chegando umas peças a não soldar, outras a queimar. Também existe a dificuldade a regular, o ar uma vez que não existe uma escala definida para fazer o ajuste;
- **Bicos da solda mal direcionados:** se os bicos de soldadura estiverem mal direcionados, estes podem não apanhar toda a zona necessária e não soldar. Também não podem estar demasiado próximos da peça, sob risco de a queimar;
- **Peças desgastadas:** o facto de algumas peças na máquina estarem desgastadas, pode condicionar a qualidade da solda. Foi verificado que um dos carros apresentava uma variação no curso, e havia ciclos onde o carro ficava mais à frente e outros ciclos onde ficava ligeiramente mais atrás. Como os bicos da soldadura estão fixos ao carro, essa variação do curso do carro faz com que eles não incidam da mesma forma em todas as peças;
- **Varição ao curvar as bases das famílias "T" e "NT":** se a base (peça onde vão ser soldados os restantes componentes) vier mal curvada do posto anterior, esta não vai assentar corretamente no calibre. Isto também força os restantes componentes a assentar mal no colocador de soldadura, prejudicando a soldadura.
- **Colocadores não apertados totalmente:** os colocadores (onde as peças são colocadas e fixas para soldar), estão fixos à máquina apenas numa das extremidades. Com o decorrer dos ciclos, ao retirar e colocar constantemente as peças, os colocadores podem não ficar centrados, isto é, podem desviar-se para um dos lados, fazendo com que a peça apanhe mais calor de um lado do que do outro, e estragar a soldadura. A Figura 65 mostra um colocador de soldadura na posição correta (a) e um colocador descentrado (b).

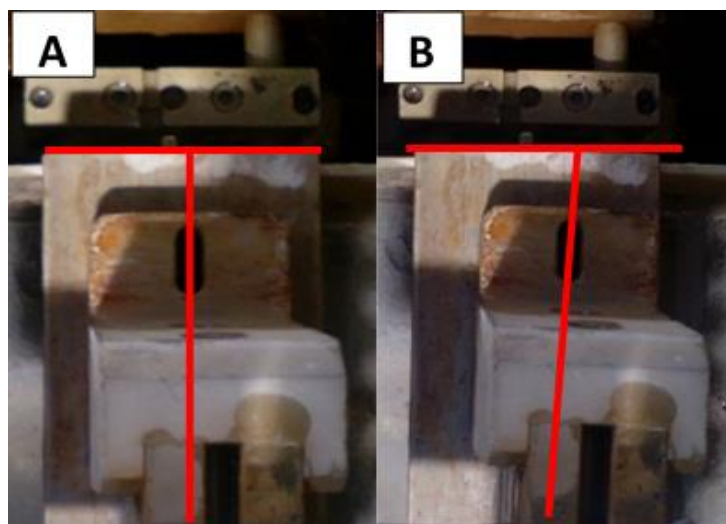


Figura 65 – Colocador de soldadura centrado (A) e colocador descentrado (B) (Empresa em estudo).

Fator mão de obra

- **Introdução errada da referência no registo de sucata** - ao preencher a folha dos registos de sucata, cada peça, dependendo da máquina em que foram rejeitadas, tem um código de defeito associado. Então, os operadores necessitam de preencher a folha, na mudança de referência ou no final de cada turno, com a referência rejeitada, o código de defeito, a quantidade, a zona onde se produziu o defeito e o seu número de operador. A folha depois é recolhida por um operador responsável pela recolha da sucata, e colocado no sistema através de um *tablet* ou computador. A Figura 66 mostra um exemplo de uma folha de preenchimento de sucata para a zona DS1.

Registo de defeito soldadura				
DATA: <u>17 - 5 - 18</u>			TURNO: <u>X</u>	
REFERENCIA	CÓDIGO DEFEITO	MÁQUINA	QUANTIDADE	OPERADOR
<u>R9531016 - G2</u>	<u>SC</u>	<u>PRG6</u>	<u>3</u>	<u>9999</u>
<u>P9531020</u>	<u>FU</u>	<u>CAB0019</u>	<u>4</u>	<u>5000</u>
<u>R9531012 - G1</u>	<u>SI</u>	<u>SOL0031</u>	<u>1</u>	<u>9999</u>

Figura 66 – Exemplo de como as referências são rejeitadas (Empresa em estudo).

Inicialmente, este ponto pode não parecer importante. No entanto, a colocação incorreta da referência interfere diretamente no valor da sucata diária. Para entender melhor este ponto, é necessário primeiro saber quais as referências que passam por cada máquina, quais os defeitos que pode ocorrer em cada uma e como devem ser rejeitadas.

Tomando-se como exemplo a referência P9531016 da família T (Tabela 12), o seu processo de fabrico pode ser representado pelo diagrama de fluxo da Figura 67. Também de notar que cada referência só pode ser rejeitada com o código presente na Tabela 17 e com o respetivo custo de rejeição. Este custo varia de referência para referência.

Pode-se reparar que na Figura 67 se encontram-se explícitos dentro de parêntesis as referências que devem ser registadas em caso de sucata, em cada fase do processo. Caso a peça seja rejeitada em alguma das operações, a sua referência deve ser registada de acordo com a referência que está ao lado da operação.

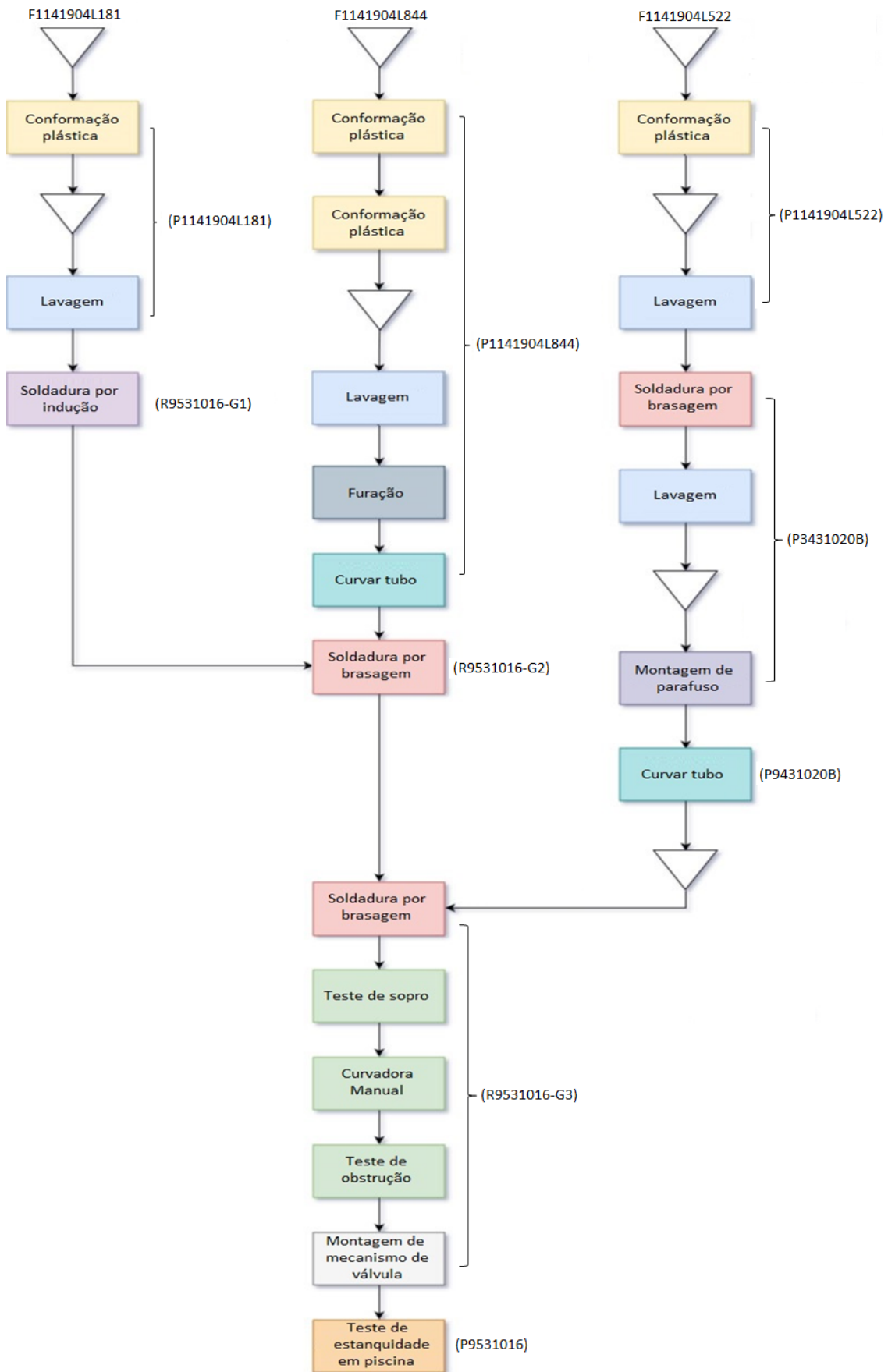


Figura 67 – Diagrama de fluxo para a referência P9531016 (Autoria Própria).

Tabela 17 – Referências rejeitadas em cada fase do processo (Autoria Própria).

Referência	Defeito válido	Código de defeito	Custo de rejeição (€/peça)
R9531016-G1	Má soldadura de indução	SI	0,59 €
	Industrialização	IN	
	Intervenção da Manutenção	IM	
R9531016-G2	Má soldadura por chama (brasagem)	SC	1,27 €
	Industrialização	IN	
	Intervenção da Manutenção	IM	
R9531016-G3	Má soldadura por chama (brasagem)	SC	2,96 €
	Curvatura incorreta	CI	
	Industrialização	IN	
P1141904L844	Intervenção da Manutenção	IM	0,69 €
	Furo descentrado	FD	
	Curvatura incorreta	CI	
P9531016	Deformado	DF	5,38 €
	Fuga por soldadura	FS	
	Fuga por válvula	FV	
	Fuga	FU	

Posto isto, foram analisados os registos de sucata durante o mês de maio. Constatou-se que havia situações onde os registos não correspondiam ao que estava no sistema. Havia referências rejeitadas como produto final (P9531016), mas no início do processo. Visto que apresentam uma grande diferença em termos de custo de rejeição, dá um custo de sucata que, por alto que possa ser, não corresponde ao real. A título de exemplo, a Tabela 18 mostra o valor da sucata obtida no dia 4 de maio de 2018.

Tabela 18 - Valor de sucata do dia 4 de maio de 2018 (Autoria Própria).

Referência	Zona de Produção	Código de Defeito	Turno	Qnt.	Custo (€/peça)	Custo total (€)
P9531016	PRG6	CI	A	1	5,38 €	5,38 €
P9531016	PRG6	CI	A	3	5,38 €	16,14 €
P9531020	PRG6	CQ	A	1	5,42 €	5,42 €
P9531020	PRG6	DP	A	22	5,42 €	119,24 €
P9531016	PRG6	FS	A	4	5,38 €	21,52 €
P9531020	PRG6	FS	A	29	5,42 €	157,18 €
P9531012	PRG6	FU	N	2	2,84 €	5,68 €
P9531016	PRG6	FU	N	14	5,38 €	75,32 €
P9531017	PRG6	FU	N	7	2,85 €	19,95 €
P9531020	PRG6	IM	A	47	5,42 €	254,74 €
P9531016	PRG6	IN	A	22	5,38 €	118,36 €
P9531020	PRG6	SC	A	6	5,42 €	32,52 €
Total						831,45 €

Há vários aspetos a considerar neste registo:

- A referência P9531016, com o código de defeito IN seria válida caso tivesse sido produzida pela engenharia e que tivesse sido feita no último posto, na última máquina. Pela análise de terreno, constatou-se que esta industrialização foi feita no início do processo na máquina de soldadura de indução. Posto isto, a referência que devia estar rejeitada seria R9531016-G1, e não como produto final;
- Da mesma forma, as referências P9531020, com os códigos de defeito IM e DP estariam corretas caso tivessem sido realizadas na última operação. Mais uma vez isto aconteceu no início do processo na máquina de soldadura por indução. Assim, tal como anteriormente, deveriam ser registadas como R9531020-G1;
- A referência com o código de defeito SC está mal identificada. Não é possível rejeitar uma peça como produto final no meio do processo. A referência devia ser registada como R9531020-G3;
- Por fim, a referência com o código de defeito CQ não deveria ser rejeitada como tal, mas sim como R9531020-G3.

Perante isto, o valor de sucata obtido não é real. A Tabela 19 mostra a correção feita aos valores com as referências devidamente colocadas e com os códigos de defeito corretos.

Tabela 19 – Correção do valor de sucata do dia 4 de maio de 2018 (Autoria Própria).

Referência	Zona de Produção	Código de Defeito	Turno	Qnt.	Custo (€/peça)	Custo total (€)
P9531016	PRG6	CI	A	1	5,38 €	5,38 €
P9531016	PRG6	CI	A	3	5,38 €	16,14 €
P9531020 / R9531020-G3	PRG6	CQ	A	1	5,42 € / 3,02 €	5,42 € / 3,02 €
P9531020 / R9531020-G1	PRG6	DP	A	22	5,42 € / 0,59 €	119,24 € / 12,98 €
P9531016	PRG6	FS	A	4	5,38 €	21,52 €
P9531020	PRG6	FS	A	29	5,42 €	157,18 €
P9531012	PRG6	FU	N	2	2,84 €	5,68 €
P9531016	PRG6	FU	N	14	5,38 €	75,32 €
P9531017	PRG6	FU	N	7	2,85 €	19,95 €
P9531020 / R9531020-G1	PRG6	IM	A	47	5,42 € / 0,59 €	254,74 € / 27,73 €
P9531016 / R9531016-G1	PRG6	IN	A	22	5,38 € / 0,59 €	118,36 € / 12,98 €
P9531020 / R9531020-G3	PRG6	SC	A	6	5,42 € / 3,02 €	32,52 € / 18,12 €
Total						831,45 € / 376,00 €

Só pelo facto de as referências estarem bem identificadas, já se consegue, em alguns casos, uma diminuição significativa do valor da sucata. Neste caso específico, reduziu-se o valor da sucata em 454,43 € (redução de 54,67%).

A análise da sucata levou a concluir que no mês de maio, a percentagem de sucata mal registada rondou os 15%. Isto significa que o valor que é recebido nos relatórios era quase sempre superior ao que realmente se rejeitou.

Fator Meio

- **Correntes de ar** - correntes de ar que existem dentro da fábrica. Por detrás da máquina existe um portão que enquanto está aberto, causa variações nas condições ambientais dentro da fábrica. Essa variação causa instabilidade no processo e origina peças não conformes. Como medida para conter esse problema, foram adicionadas portas à máquina e fecharam-se possíveis espaços abertos, de forma a diminuir a variação das condições do ar. No entanto isso não se relevou suficiente.

Fator Método

- **Mau contacto entre o material de adição e os componentes a soldar** - o tubo da referência P9431020B passa por uma operação de conformação, onde a sua extremidade se transforma num embutido com a forma de uma sela de cavalo, tal como representado na Figura 68. O que acontece é que, ao acentar os componentes a soldar no colocador de soldadura, fica um espaço livre entre os componentes a soldar e o material de adição, como se pode ver na Figura 69.



Figura 68 – Conformação em sela de cavalo (Empresa em estudo).



Figura 69 – Posicionamento da anilha nos tubos para soldar (Empresa em estudo).

Isto acontece porque a largura da sela de cavalo não é suficientemente grande para que assente bem na anilha e, conseqüentemente, na base do tubo para soldar. Com a possibilidade de aumentar o espaçamento na sela, pode-se conseguir diminuir as peças não conformes, visto que, uma vez mais largas, já assentam melhor na anilha e, conseqüentemente, no tubo a soldar. O espaço livre entre o tubo e o material de adição deixaria de existir, diminuindo assim a probabilidade da formação de poros por mistura de ar na soldadura ao fundir.

Fator Matéria prima

- **• Tubos não suficientemente limpos para a soldadura:** para uma soldadura correta, principalmente no caso de se tratar de uma soldadura por brasagem, é muito importante que os tubos estejam o mais limpos possível. Caso o tubo apresente sujidade no momento da soldadura, pode originar a criação de poros ou a queima do tubo;
- **• Anilhas de soldadura com deformações:** o material de adição para a soldadura são anilhas de alumínio. Estas anilhas apresentam uma curvatura própria para se acomodar ao tubo. Se elas apresentarem deformações, deixam de assentar corretamente no tubo e pode originar peças mal soldadas. Anilhas oxidadas também podem contribuir para peças não conformes, uma vez que contêm impurezas, aumentando a possibilidade da ocorrência de poros. A Figura 70 mostra um exemplo de uma anilha oxidada, e o que pode originar na soldadura.

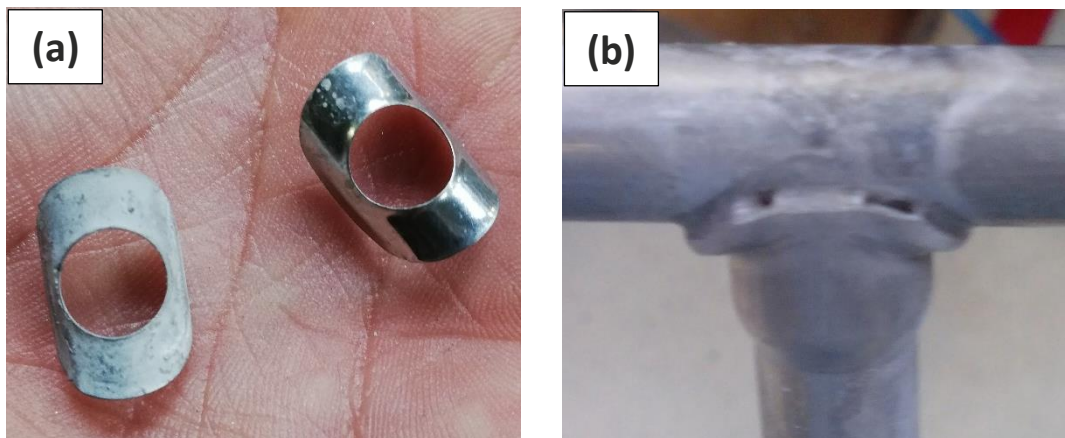


Figura 70 – Anilha oxidada (a) e o que pode originar no tubo (b) (Empresa em estudo).

Relativamente à baixa produtividade, foi feita uma análise à produção para determinar as causas que mais contribuíram para este problema. Os mais impactantes que se observaram, foram:

- Zona sem material para trabalhar;
- Absentismo de operadores;
- Apenas um operador a realizar todos os postos da zona;
- Problemas nas máquinas onde é necessária intervenção do preparador;
- Entre outros.

A Figura 71 apresenta uma análise de Pareto para as paragens na zona PRG6 que origina a baixa produtividade na zona.

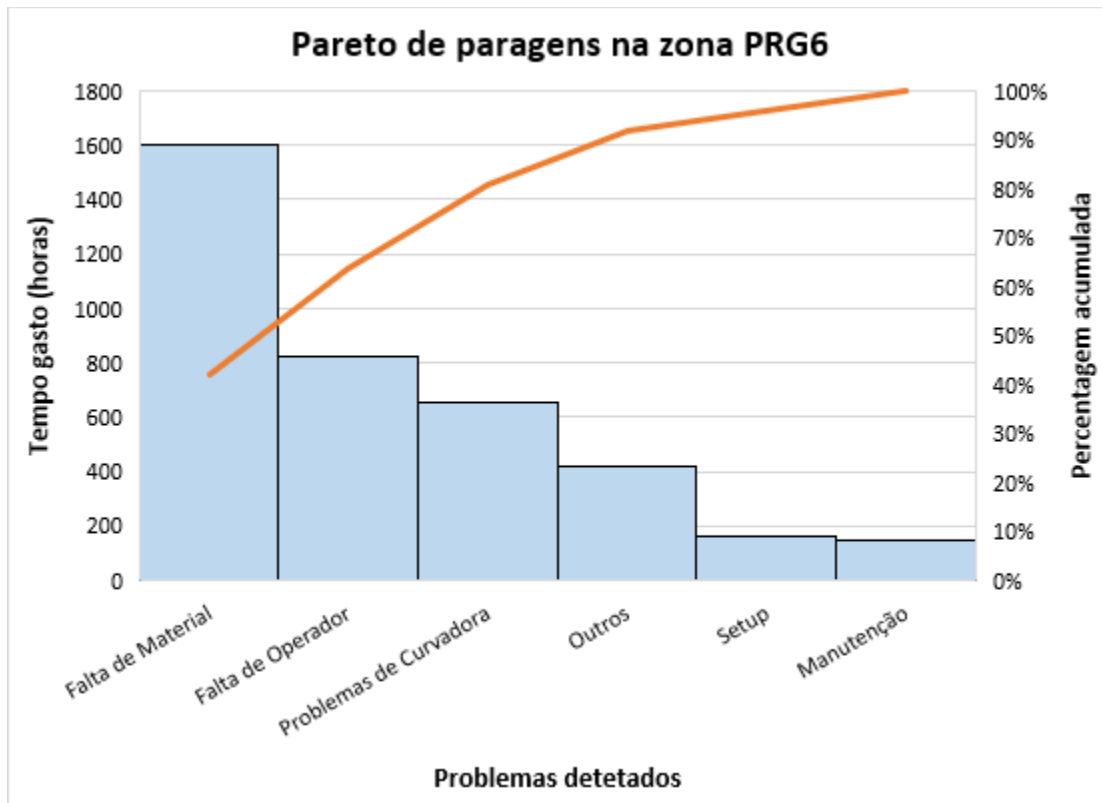


Figura 71 – Pareto de paragens na zona PRG6 (Autoria própria).

Pela análise do diagrama da Figura 71, conclui-se que o problema mais crítico são as faltas de material na zona. As faltas de operador também têm uma influência importante, uma vez que podem ocorrer duas situações. O operador pode faltar e, uma vez que não existe operador com experiência no posto para trabalhar, a zona fica sem produzir, ou caso haja um operador experiente, este tem de realizar todos os postos, originando um elevado tempo de ciclo e um nível de produção mais baixo.

3.4.3 Testes realizados na zona PRG6

Para tentar encontrar soluções para o problema da elevada sucata, foram realizados alguns testes no terreno. Estes testes estão descritos na Tabela 20 e Tabela 21, juntamente com os resultados que se obtiveram e a data a que foram realizados.

Tabela 20 – Testes realizados para a zona PRG6 (Autoria própria).

Data	Teste e descrição	Resultados
15/03	Passar lixa e um pano com álcool na base do tubo das famílias T e NT antes da soldadura.	17 tubos bem soldados e 3 fugas.

Tabela 21 – Testes realizados para a zona PRG6 (continuação) (Autoria própria).

Data	Teste e descrição	Resultados
16/03	Soldar 10 tubos lavados com álcool e outros 10 tubos sem qualquer limpeza adicional.	Dos tubos lavados sem limpeza adicional com álcool, 10 tubos ficaram bem curvados e 9 deles passaram para a piscina (1 deles foi rejeitado na soldadura). Os 9 tubos não apresentaram fugas. Dos 10 tubos lavados com álcool, 3 apresentaram fuga.
19/03	Soldar 50 tubos lavados com álcool.	Todos os tubos passaram para a piscina com uma boa soldadura. Foi obtido um total de 7 fugas nos 50 tubos testados.
05/04	Lavar 50 tubos após mudança de banho e enxaguamento.	Três dos 50 tubos ficaram mal curvados. Três dos 47 tubos não soldaram. Dos 44 tubos que passaram à piscina, três apresentaram fuga.
23/05	Soldar tubos diminuindo o gás e aumentando o ar (305 peças).	Total de 24 tubos com fugas.
20/03	Lixar e limpar com álcool uma produção de cinquenta tubos.	Dois tubos rejeitados na soldadura. Dos 48 que passaram à piscina, apresentaram 7 fugas.
25/05	Soldar cinco tubos onde em cada um variava a posição da anilha.	Nenhum apresentou fuga. Todos com boa qualidade de soldadura.
30/05	Soldadura de 30 tubos após lixados, polidos e limpos com álcool.	Obteve-se 1 fuga.
24/06	Solda de 100 tubos com 2 anilhas sobrepostas e 100 tubos com uma anilha.	Dos cem tubos soldados com uma anilha, resultaram onze fugas. Dos cem tubos soldados com duas anilhas sobrepostas resultaram 0 fugas.

Com estes testes, pode-se chegar à conclusão que aquele em que se obteve melhores resultados foi a solda de 100 tubos com 2 anilhas sobrepostas, das quais não resultou nenhuma fuga, nem na zona de preparação, nem na linha de produção. Foi feito um teste de corte a algumas peças soldadas desta forma, para ver a viabilidade de se optar por utilizar duas anilhas. Desse teste, concluiu-se que as peças ficaram bem soldadas, não ficando o tubo obstruído por material de adição solidificado. A Figura 72 mostra um dos tubos cortados na zona da válvula, e a Figura 73 mostra o tubo cortado a meio, para ver a qualidade da soldadura por dentro do tubo.



Figura 72 – Parte do tubo cortado na zona da válvula (Empresa em estudo).



Figura 73 – Tubo cortado a meio para verificar a qualidade da soldadura (Empresa em estudo).

3.5 Plano de ações

O passo seguinte, após determinar as causas possíveis da sucata elevada na máquina, foi a criação de um PDCA com ações propostas para tentar eliminar ou minimizar a sucata provocada na zona de preparação, e aumentar a sua eficiência e capacidade produtiva. A cada ação foram atribuídos prazos para a conclusão das tarefas, o estado atual da mesmas e fatores de prioridade e importância, numa escala de 1 a 4, de acordo com o critério apresentado na Figura 74.

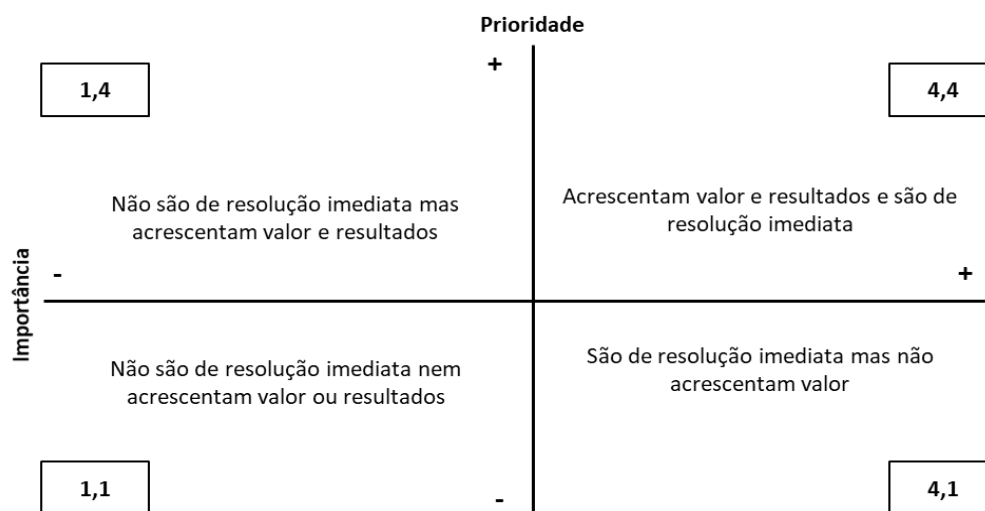


Figura 74 – Identificação da importância e da prioridade de uma ação (Autoria própria).

O valor mínimo a atribuir é 1 e o máximo 4. Os valores 2 e 3 podem ser utilizados e servem para ajudar a priorizar as ações em termos de importância e prioridade. No final, a relevância da ação para a resolução do problema passa pela atribuição de mais três fatores (Segurança, Qualidade e Produção), dependendo de que área para a qual a ação está direcionada. Os valores atribuídos pela empresa para cada fator foram os seguintes:

- Segurança (S) – fator 5
- Qualidade (Q) – fator 3
- Produção (P) – fator 2

A relevância da ação é então calculada através da expressão 7:

$$\text{Relevância} = (\text{Prioridade} + \text{Importância}) \times \text{Segurança} \times \text{Qualidade} \times \text{Produção} \quad (7)$$

Com este valor, pode-se saber quais as ações que devemos implementar primeiro e as que trarão melhores resultados para a empresa. Por exemplo, uma determinada ação tem uma prioridade de 4, uma importância de 3 e tem como áreas direcionadas a segurança e a qualidade. A relevância obtida da ação será de:

$$\text{Relevância} = (4 + 3) \times 5 \times 3 \times 1 = 105$$

Com isto, as ações que foram previstas tomar para o problema da sucata e baixa produtividade da zona PRG7 estão apresentadas na Tabela 22, por ordem decrescente de relevância.

Tabela 22 – Plano de ações para o problema da sucata e baixa produtividade na zona PRG7 (Autoria própria).

Acção	Prioridade	Importância	S	Q	P	Relevância
Mudança de ventilador e colocação de um ventilador adicional na máquina de soldadura por brasagem	2	4	0	1	1	36
Afinação e limpeza dos carros da PRG7	2	3	0	1	1	30

Após analisar as possíveis causas para os problemas de sucata e produtividade, segue-se o plano de ações com vista à melhoria da zona PRG6. As ações estão apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Plano de ações para o problema da sucata e baixa produtividade na zona PRG6 (Autoria própria).

Acção	Prioridade	Importância	S	Q	P	Relevância
Realização de uma AIP para correção das fichas técnicas	3	4	0	1	1	42
Formação dos operadores sobre como rejeitar a sucata	4	2	0	1	1	36
Criação de uma ajuda visual para o posto de trabalho	4	2	0	1	1	36
Negociar com o fornecedor anilhas com maior espessura	2	4	0	1	1	36
Implementação de uma escala para auxiliar a regulação do ar na máquina de soldadura por brasagem	2	3	0	1	1	30
Balanceamento da zona PRG6	4	3	0	0	1	18

3.6 Implementação das ações

Neste capítulo será mostrada a implementação das ações previamente descritas. Algumas ações não chegaram a ser implementadas, devido ao tempo necessário para a sua realização. No entanto, estas foram consideradas como não prioritárias

3.6.1 Baixa produtividade na zona PRG7

Na sequência das propostas apresentadas na Tabela 22, tem-se a apresentação da implementação das ações para a zona PRG7. A intenção foi representar estas mudanças de forma visual, de forma a facilitar o entendimento e a compreensão do que foi realizado na zona. Em primeiro lugar, foi feita manutenção à máquina de soldadura por brasagem, com a troca de ligações, componentes e o acoplamento do ventilador. A Figura 75 mostra o antes e depois da troca.

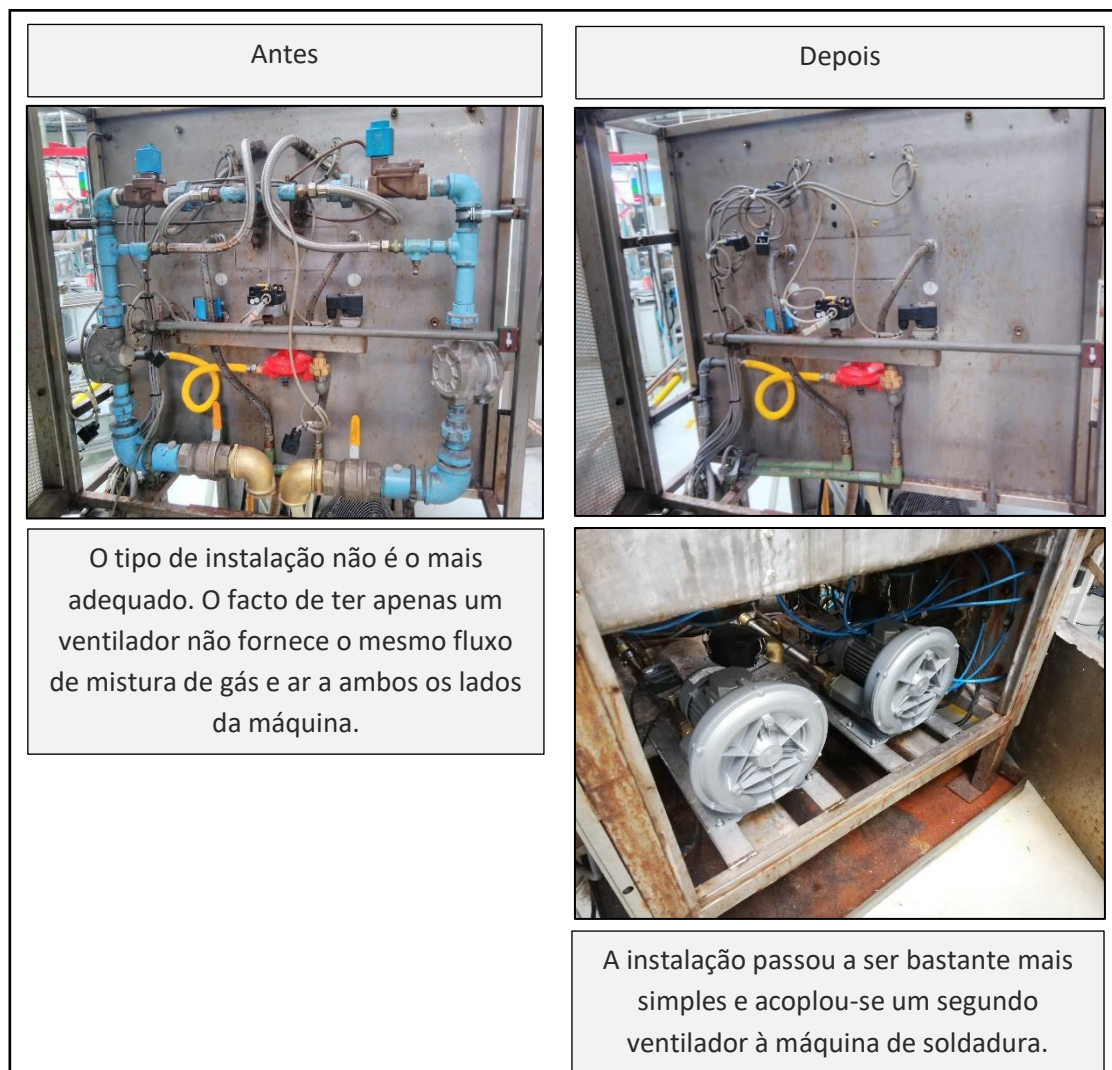


Figura 75 – Alteração das ligações da máquina de soldadura por brasagem (Empresa em estudo).

Relativamente aos carros de soldadura, a Figura 76 mostra um exemplo de um dos carros. Estes carros são regulados (cima/baixo e frente/trás) através dos parafusos existentes e destacados pelas setas vermelhas. Foi feita então uma afinação dos carros de soldadura por brasagem por forma a incidir sobre o local correto nas peças e permitir uma boa soldadura.

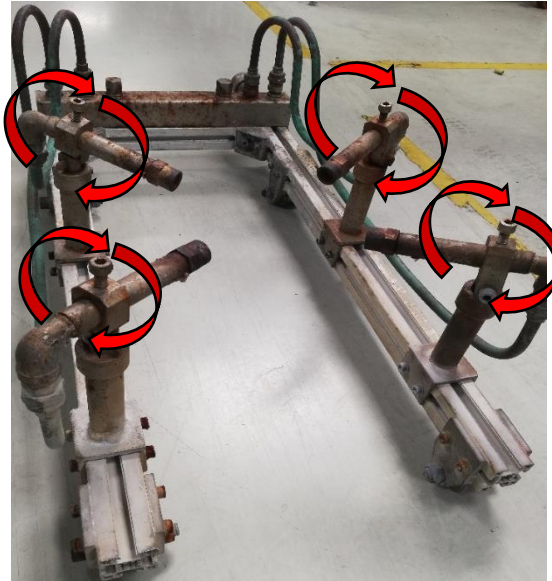


Figura 76 – Carros de soldadura (Empresa em estudo).

3.6.2 Baixa produtividade e elevada sucata na zona PRG6

Tal como explicado para a zona PRG7, aqui será apresentada a implementação das ações explicitadas na Tabela 23 para a zona PRG6, tendo em conta o combate à baixa produtividade e elevada sucata.

Foi realizada uma Avaliação de Impacto no Processo (AIP) para alterar as fichas técnicas de forma a alertar os operadores de como devem rejeitar a sucata. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a descrição da AIP realizada, que foi aprovada pelos responsáveis de cada departamento interessado.

Juntamente com esta AIP, foi dada formação aos operadores de como devem rejeitar as peças em cada fase do processo.

De forma a reforçar a formação, foi realizada também uma ajuda visual para colocar no posto, com exemplos de peças e as respetivas referências a rejeitar, para ser mais fácil a novos operadores entenderem e rejeitarem de forma correta. A Figura 78 mostra um exemplo da ajuda visual que foi colocada no posto. A colocação no posto verificou-se no mês de julho, quando houve o aumento da percentagem de sucata mal registada. Esta ajuda visual pode ser encontrada no Anexo III.

DESCRIÇÃO CENÁRIO INICIAL / ACTUAL
<p>Semi-elaborado com o código P9531011-PAR2 sucitado como produto acabado P9531011 devido ao bloqueio da referência P3531011-PAR2 no registo de sucata.</p> <p>As referências que se seguem levam o semi-elaborado P9531011-PAR2: P9531011 / P9531016</p> <p>Exemplo: A referência P9531011 é constituído por um P9531011-PAR2, um P3431036 e um P9431020B. O semi-elaborado P9531011-PAR2 após furado e curvado, caso seja sucitado não é possível colocar no sistema como P9531011-PAR2 uma vez que ficou inativo. Nestas situações a base é sucitada como uma peça final (P9531011).</p>
DESCRIÇÃO CENÁRIO FUTURO
<p>As referências que se seguem passam a rejeitar o semi-elaborado P9531011-PAR2 que consta na ficha técnica como P1141904L844 com o defeito e a zona associada.</p> <p>Referências: P9531011 / P9531016 / P9531026</p> <p>As referências que se seguem passam a rejeitar o semi-elaborado P9531011-PAR1 que consta na ficha técnica como P1141904L844 com o defeito e a zona associada.</p> <p>Referências: P9531012 / P9531017</p> <p>As referências que se seguem passam a rejeitar o semi-elaborado P9531011-PAR2 que consta na ficha técnica como "A" como P1141904L747 com o defeito e a zona associada.</p> <p>Referências: P9531014 / P9531020</p> <p>As referências que se seguem passam a rejeitar o semi-elaborado P9531011-PAR1 que consta na ficha técnica como "A" como P1141904L747 com o defeito e a zona associada.</p> <p>Referências: P9531013 / P9531019</p> <p>As referências P9431040 e P9431054 passa a rejeitar o semi-elaborado P9431039 que consta na ficha técnica como P1141904L363 com o defeito e a zona associada.</p>

Figura 77 – Descrição da AIP (Autoria Própria).

COMO REJEITAR AS REFERÊNCIAS EM CADA FASE DO PROCESSO – PRG6



Figura 78 – Exemplo de uma ajuda visual (Autoria Própria).

Foi também alterado o planeamento da máquina de lavar os tubos. Essa mudança encontra-se na Tabela 24. Desta forma, existe uma maior eficácia na lavagem das peças, uma vez que ao trocar apenas o banho ou o enxaguamento, corria-se sempre o risco de lavar peças em banhos já contaminados sujos de outras peças na cuba, onde não se trocou nada.

Tabela 24 – Mudança do planeamento da máquina de lavar (Autoria própria).

Planeamento (Antes)	Planeamento (Depois)
	segunda feira – mudança de banho e enxaguamento
segunda feira – mudança do banho	terça feira – não muda nada
terça feira – mudança do enxaguamento	quarta feira – mudança de banho e enxaguamento
quarta feira – não muda nada	quinta feira – não muda nada
quinta feira – mudança do banho	sexta feira – mudança de banho e enxaguamento
sexta feira – mudança do enxaguamento	sábado e domingo – não muda nada
sábado e domingo – não muda nada	

Outra ação foi a implementação de uma escala para facilitar a regulação do ar, como mostra a Figura 79.

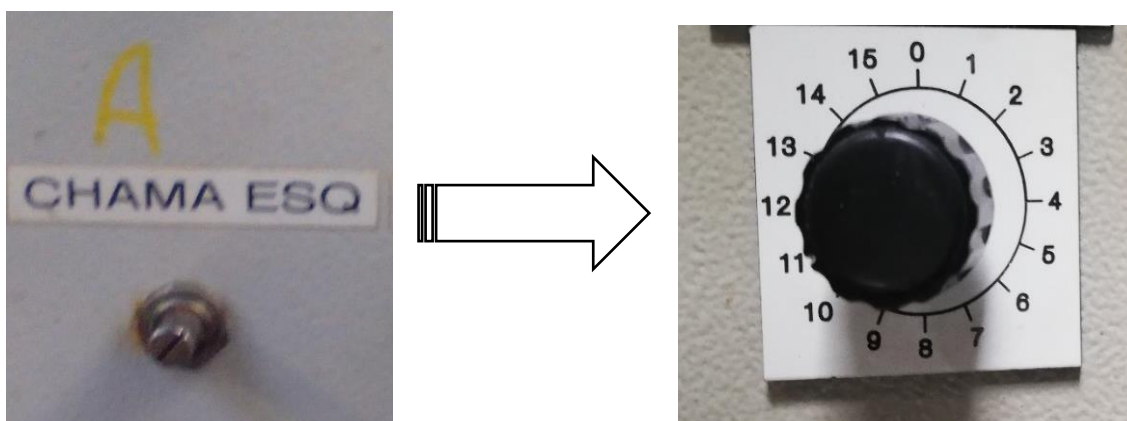


Figura 79 – Escala para facilitar a regulação do oxigénio (Autoria Própria).

Para fazer o balanceamento da zona em primeiro lugar, foi necessário determinar o *takt time* que representa a necessidade média do cliente. Para isso, é necessário analisar os pedidos através do Plano Industrial Comercial (PIC). Esses valores estão apresentados na Tabela 25 para quatro meses.

Tabela 25 – Pedidos dos clientes para a zona PRG6 (Autoria própria).

Referência	JUL	AGS	SET	OUT	Total	Média	Família
1	150	56	147	153	19325	1208	1
2	886	459	829	945			
3	134	58	127	126			
4	4005	1691	4637	4922			
5	1405	676	1190	1134			
6	3249	1554	3833	4023	20864	1159	2
7	4	0	0	4			
8	253	91	205	215			
9	738	386	937	967			
10	558	256	547	419			
11	400	224	614	410	3428	429	3
12	71	22	55	63	2414	201	4
13	514	274	633	473			
14	87	49	101	72			
Total							

Foi calculado então o TT para determinar a cadência de produção, para que seja possível atender à procura do cliente, através da expressão (9):

$$TT = \frac{((24 \times 60) - 4 \times 15 - 2 \times 30) \times 60}{\left(\frac{46031}{30}\right)} = 51,6 \text{ s}$$

Isto significa que o ritmo de produção deve ser de 51,6 segundos, para se conseguir atender às necessidades do cliente. O número de operadores padrão da zona é de dois operadores.

A Tabela 26 mostra quais os tempos de ciclo para cada família, assim como a produção por hora caso se esteja a trabalhar com um ou com dois operadores.

Tabela 26 – Situação inicial para a produção/hora na zona PRG6 (Autoria Própria).

Família	Tempo de ciclo (s)	
	1 Operador	2 Operadores
“T”	151,8 s	77 s
Produção/hora (peças/hora)	24	47
“NT”	133,1 s	79,2 s
Produção/hora (peças/hora)	27	45

Tendo o estado inicial, o passo seguinte foi retirar tempos de operação e de máquina para cada referência, de forma a ver melhorias e atualizar objetivos. A diferença entre as versões antigas e novas das referências devem-se apenas à mudança da válvula, pelo que podem ser agrupadas apenas em duas famílias denominadas “T” e “NT”, respetivamente as famílias 1 e 3, e 2 e 4. As tabelas seguintes mostram os tempos retirados para as referências na seguinte ordem:

- Família T – Posto 1 – **Tabela 27**
- Família T – Posto 2 – **Tabela 28**
- Família NT – Posto 1 – **Tabela 29**
- Família NT – Posto 2 – **Tabela 30**

Tabela 27 – Recolha de tempos para o posto 1 na referência T (Autoria própria).

Família 1 – Posto 1		Ciclos (segundos)					PRG6	
Operações	Tempo de máquina (s)	1	2	3	4	5	Moda (segundos)	Média (segundos)
		6	7	8	9	10		
Soldadura por indução	25	11,3	12,1	12,0	12,0	13,2	12,0	11,8
		12,0	10,8	11,0	11,5	12,4		
Furar tubo	15	5,0	5,5	5,8	6,3	6,0	6,0	5,9
		5,9	6,1	6,4	6,0	6,0		
Soldadura por brasagem	30	16,4	15,9	16,0	16,6	15,7	16,0	16,14
		16,2	16,2	16,0	16,4	16,0		
Soldadura por brasagem	30	16,0	16,3	16,3	16,4	16,0	16,0	16,09
		16,1	16,2	15,9	15,7	16,0		
Deslocamento		6,0	5,4	6,1	6,0	6,0	6,0	5,9
		5,3	5,9	6,0	6,2	6,2		
Tempo de espera = Maior tempo máquina – \sum Moda = 30 – (12 + 6 + 16 + 16 + 6) < 0 segundos								
Total	100						56,0	65,9

Tabela 28 – Recolha de tempos para o posto 2 na referência T (Autoria própria).

Família 1 – Operador 1		Ciclos (segundos)					PRG7	
Operações	Tempo de máquina (s)	1	2	3	4	5	Moda (segundos)	Média (segundos)
		6	7	8	9	10		
Curvar tubo	43	15,0	15,3	14,8	15,0	15,0	15,0	15,09
		14,6	14,7	16,0	15,0	15,5		
GCC	-	6,0	6,0	6,0	6,2	6,1	6,0	6,15
		6,1	6,5	6,0	6,3	6,3		
Sopro + Curvar Manual + Teste de obstrução	-	38,0	38,9	37,8	38,0	42,1	38,0	38,8
		38,0	38,6	39,1	39,5	38,0		
Deslocamento		7,0	7,5	8,6	7,9	7,0	7,0	7,52
		7,0	7,6	8,1	7,5	7,0		
Tempo de espera = Maior tempo máquina – \sum Moda = 43 – (15 + 6 + 38 + 7) < 0 segundos								
Total	43						66	

Analisando os tempos obtidos, chega-se à conclusão que o tempo de ciclo para esta referência é de 66 segundos, correspondendo ao tempo de ciclo do posto que demora mais tempo. Este tempo é acrescido de 10%, para compensar paragens não planeadas, tais como idas à casa de banho, *setups*, entre outros. Assim sendo, o tempo de ciclo passa a ser 72,6 segundos. Isto origina uma produção de 50 peças por hora.

Tabela 29 – Recolha de tempos para o posto 1 na referência NT (Autoria própria).

Família 1 – Operador 1		Ciclos (segundos)					PRG7		
Operações	Tempo de máquina (s)	1	2	3	4	5	Moda (segundos)	Média (segundos)	
		6	7	8	9	10			
Soldadura por indução	22	17,0	17,7	17,2	17,0	17,1	17,0	16,96	
		17,5	17,6	17,5	17,0	17,0			
Soldadura por brasagem	25	18,0	18,5	18,2	18,0	18,4	18,0	18,19	
		18,0	18,3	18,4	18,1	18,0			
Soldadura por indução	22	18,0	17,7	18,2	18,0	18,1	18,0	17,98	
		18,5	17,6	17,5	18,0	18,0			
Soldadura por brasagem	25	18,4	18,9	18,0	18,0	18,4	18,0	18,26	
		18,1	18,2	18,0	18,6	18,0			
Deslocamento		7,0	7,5	8,6	7,9	7,0	7,0	7,52	
		7,0	7,6	8,1	7,5	7,0			
Tempo de espera = Maior tempo máquina – Σ Moda = 25 – (17 + 18 + 18 + 18 + 7) segundos									
Total	94						78		

Como no primeiro posto a máquina consegue produzir duas peças em simultâneo, o seu tempo de ciclo é metade do que foi determinado na Tabela 29. Assim sendo, o tempo de ciclo desta família é de 56 segundos. Com o acréscimo de 10%, passa a ser de 61,6 segundos, o que dá origem a uma produção por hora de 58 peças/hora.

Tabela 30 – Recolha de tempos para o posto 2 na referência NT (Autoria própria).

Família 1 – Operador 1		Ciclos (segundos)					PRG7		
Operações	Tempo de máquina (s)	1	2	3	4	5	Moda (segundos)	Média (segundos)	
		6	7	8	9	10			
Furar tubo	8	5,0	5,5	5,8	6,3	6,0	6,0	5,9	
		5,9	6,1	6,4	6,0	6,0			
Curvar tubo	25	16,0	16,5	16,3	16,0	16,2	16,0	16,2	
		16,0	16,1	16,0	16,2	16,3			
Sopro + Curvar Manual + Teste de obstrução	-	30,0	30,5	30,6	30,0	29,8	30,0	30,2	
		30,4	30,2	30,0	30,4	29,9			
Deslocamento		7,0	7,5	8,6	7,9	7,0	7,0	7,52	
		7,0	7,6	8,1	7,5	7,0			
Tempo de espera = Maior tempo máquina – Σ Moda = 25 – (6 + 16 + 30 + 7) < 0 segundos									
Total	25						56		

3.7 Resultados obtidos

Neste capítulo vão ser apresentados os resultados que se obtiveram após a implementação das ações. Estes estão divididos por área. No capítulo seguinte será feita a discussão destes mesmos resultados, fazendo referência às várias tabelas e gráficos presentes neste capítulo.

3.7.1 Resultados – Zona PRG7

Para a zona PRG7, os resultados obtidos foram os seguintes:

- Manutenção à máquina de soldadura chama, troca de ventiladores e de ligações/componentes (Figuras 80 a 84 e Tabelas 31 e 32).

Tabela 31 – Redução do tempo de ciclo, em segundos (Autoria própria).

Tempo médio de ciclo	Referências					
	Borboleta		Duplos		Renas	
	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B
Antes (s)	182	169	162	115	115	117
Depois (s)	131	139	84	92	90	90
Variação (%)	-28%	-7%	-41%	-25%	-22%	-23%
Peças/hora (Antes)	20	21	22	31	31	31
Peças/hora (Depois)	27	26	43	39	40	40
Variação	+7	+5	+21	+8	+9	+9
Ganho total / hora (peças)	+12		+29		+18	

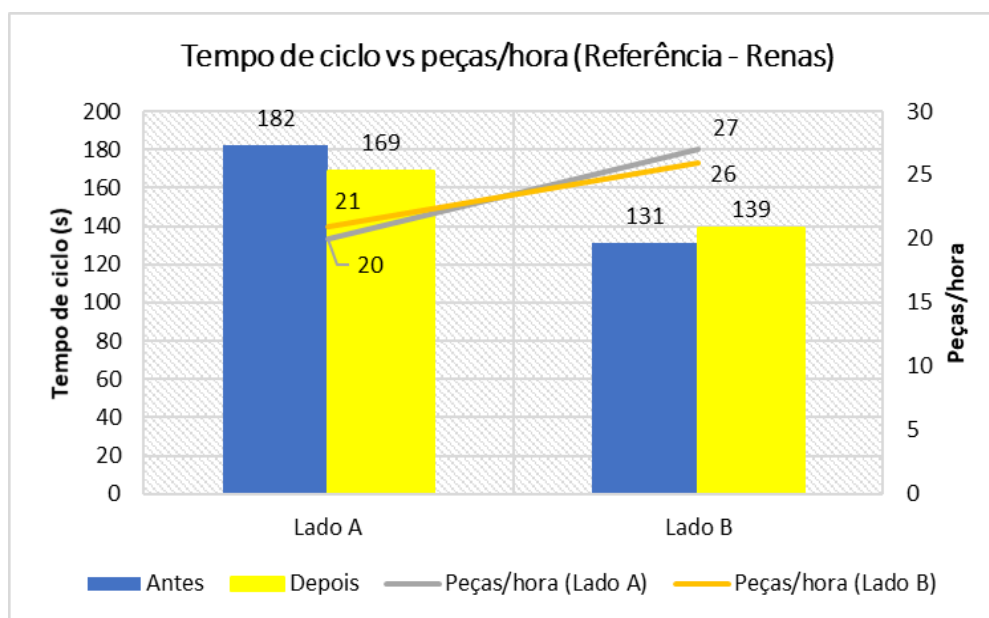


Figura 80 – Redução do tempo de máquina na referência "Borboleta" (Autoria Própria).

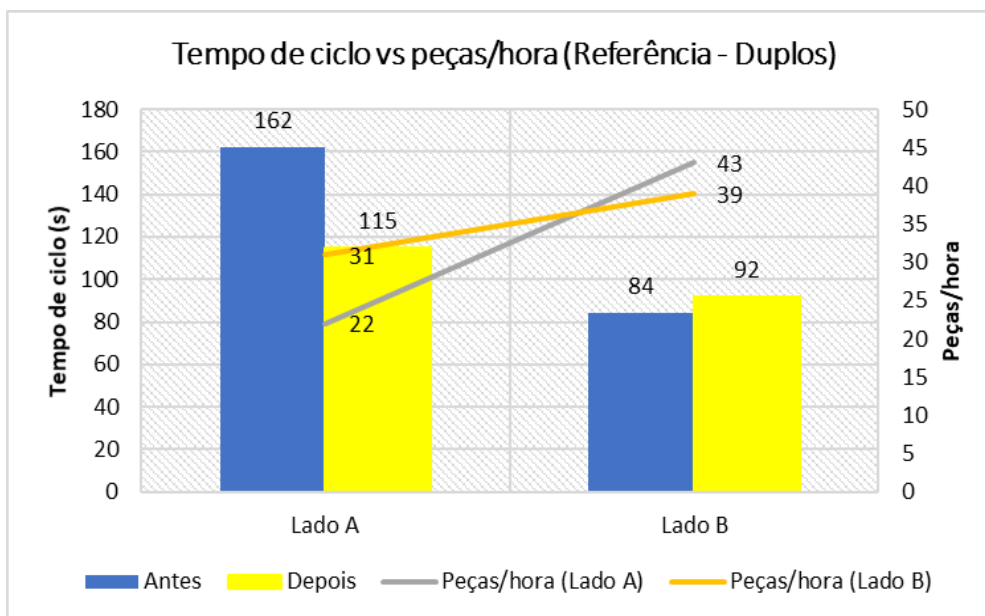


Figura 81 – Redução do tempo de máquina na referência "Duplos" (Autoria Própria).

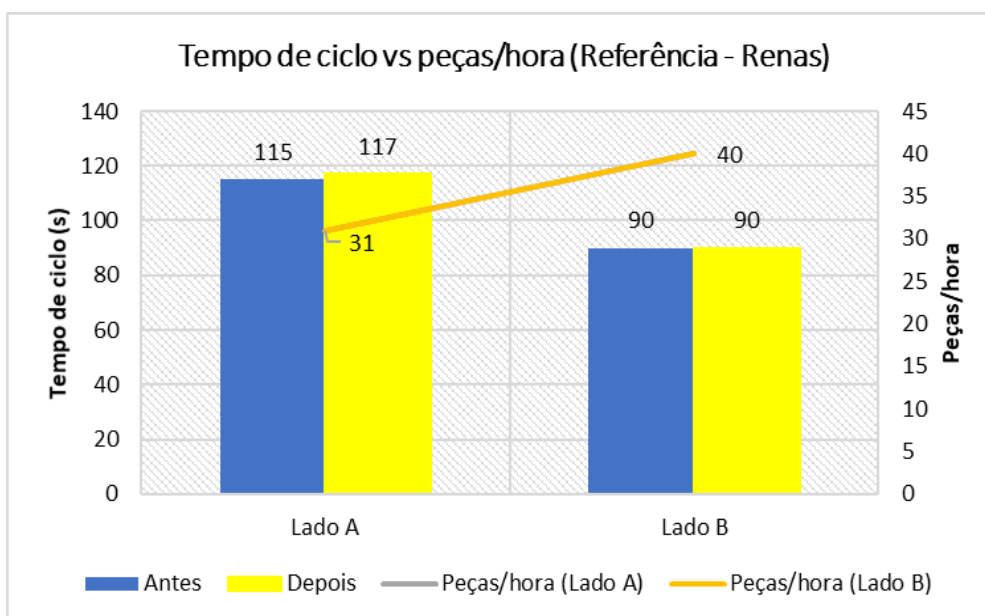


Figura 82 – Redução do tempo de máquina na referência "Rena" (Autoria Própria).

Tabela 32 – Ganho do número de peças/hora após a melhoria (Autoria própria).

Ref.	Peças/hora	Peças/dia (7 dias)	Peças/sem. (5 dias)	Peças/sem. (7 dias)	Peças/mês (22 dias)	Peças/mês (30 dias)
"Borboleta"	12	198	990	1386	21780	41580
"Duplos"	29	572	2860	4004	62920	120120
"Rena"	18	396	1980	2772	43560	83160

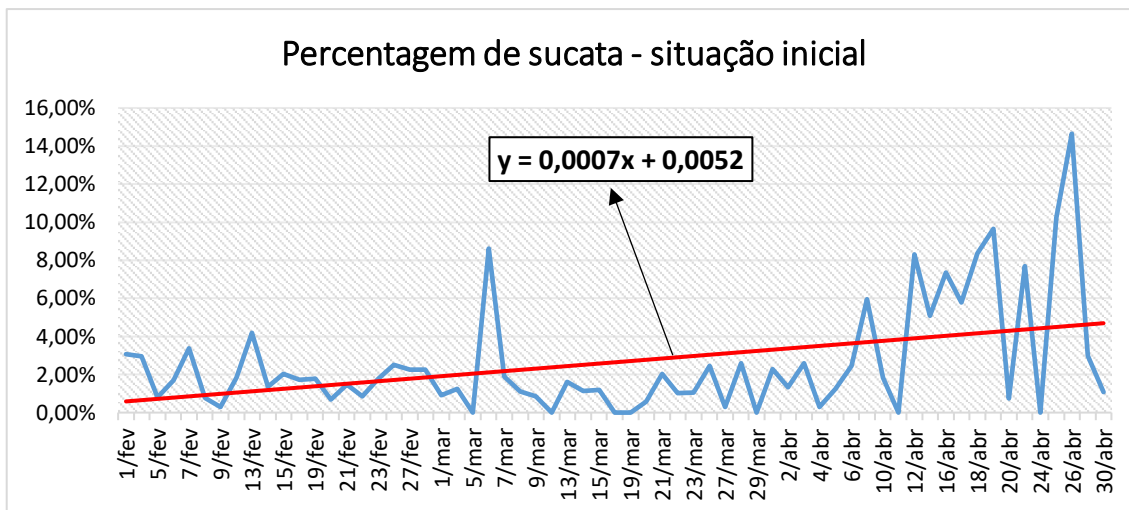


Figura 83 – Percentagem de sucata no período inicial na zona PRG7 (Autoria Própria).

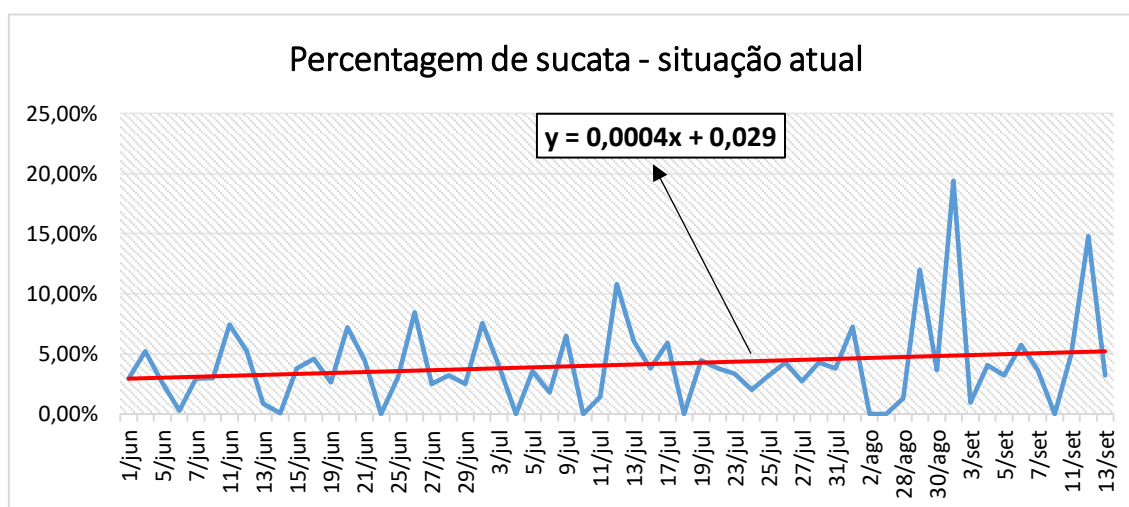


Figura 84 – Percentagem de sucata no período atual na zona PRG7 (Autoria Própria).

3.7.2 Resultados – Zona PRG6

Para a zona PRG6, os resultados obtidos foram os seguintes:

- **Realização da AIP** (Figura 84 e Tabela 33):

Tabela 33 – Resultados da AIP e evolução do mau registo de sucata (Autoria própria).

Mês	% de sucata mal registada	Diferença
Maio	15%	-
Junho	10%	-5%
Julho	12%	+2%
Agosto + Setembro	0%	-12%

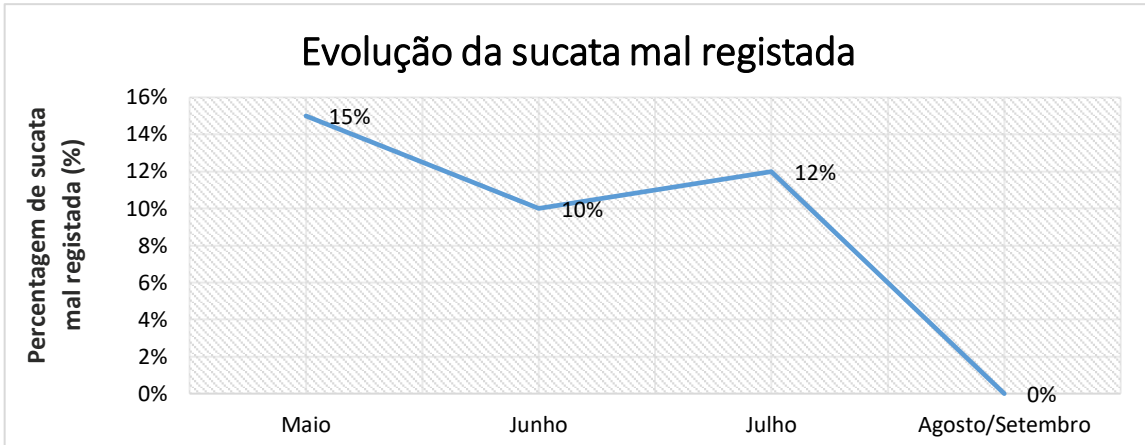


Figura 85 – Evolução da sucata mal registada (Autoria própria).

- **Evolução da sucata na zona** (Figuras 86 a 88 e Tabela 34):

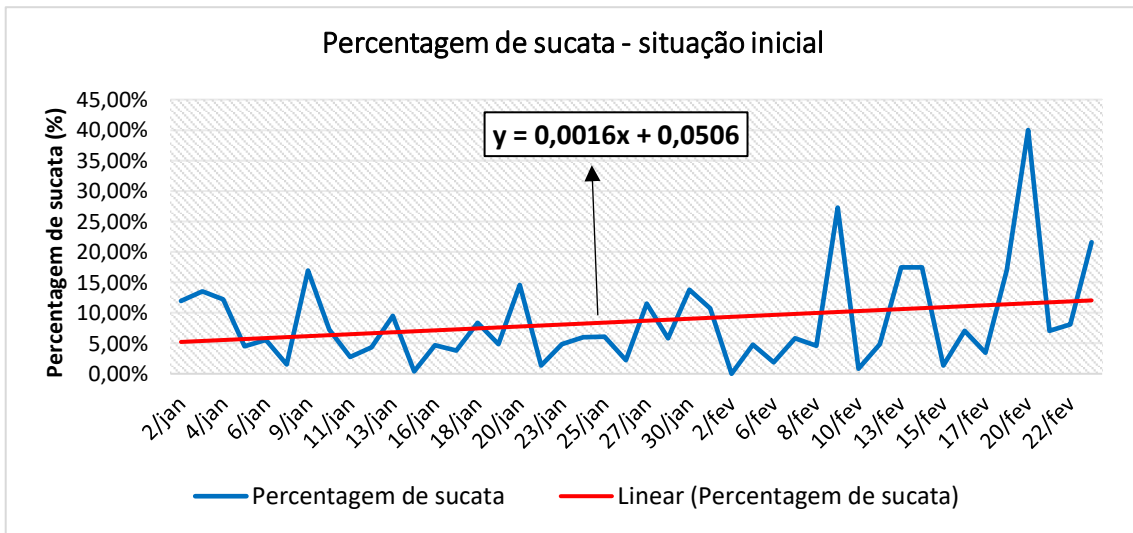


Figura 86 - Porcentagem de sucata no período inicial na zona PRG6 (Autoria Própria).

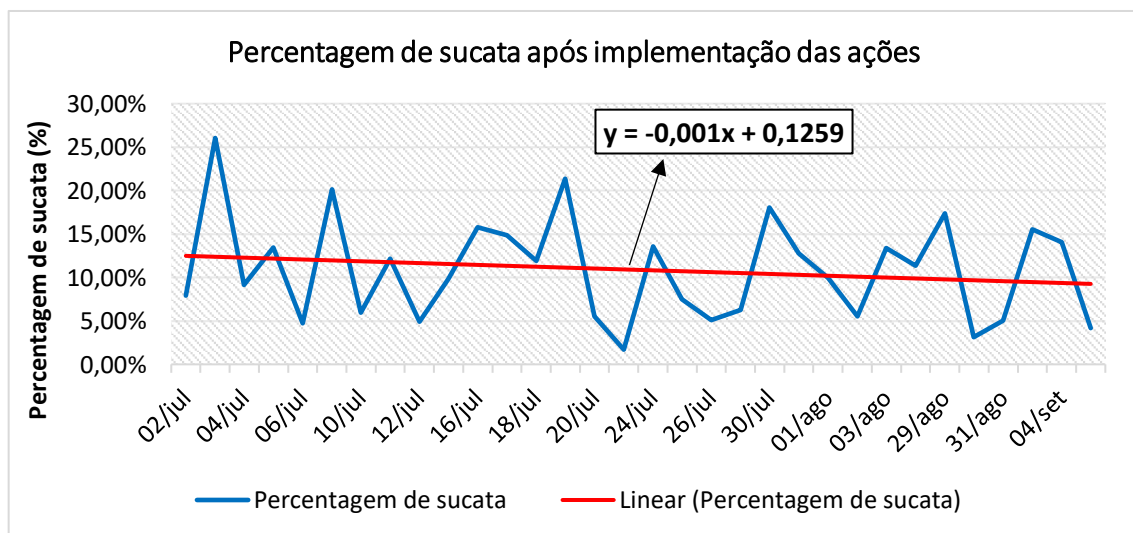


Figura 87 – Porcentagem de sucata após implementação das ações (Autoria Própria).

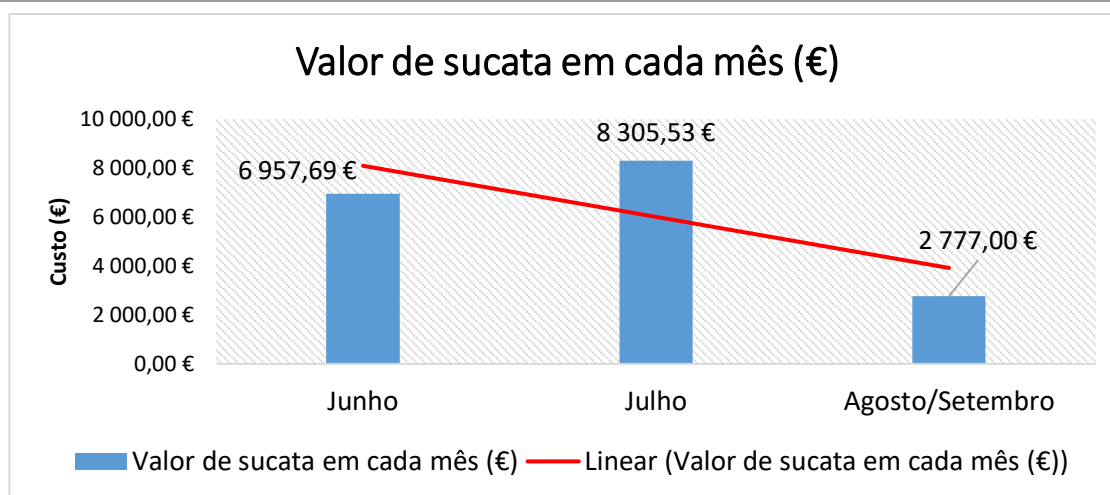


Figura 88 – Valor mensal de sucata após implementação das ações (Autoria Própria).

Tabela 34 – Melhoria obtida na zona PRG6 relativamente ao valor da sucata (Autoria própria).

Período de análise	Nº de dias	Média do custo de sucata (€)	Melhoria obtida (%)
fevereiro a abril	89 dias	6802,26 €	
junho a setembro	84 dias	6013,41 €	- 12%

- **Balaceamento da zona PRG6** (Tabela 35):

Tabela 35 – Resumo do balaceamento inicial (Autoria própria).

Família	Antes		Depois			
	Produção/hora		Produção/hora			
	1 Op.	2 Op.	1 Op.	Ganho (%)	2 Op.	Ganho (%)
T	24	45	27	+ 11,1%	50	+ 10,0%
NT	27	47	32	+ 15,6%	58	+ 19,0%

3.8 Discussão dos resultados obtidos

Neste subcapítulo, é realizada a discussão dos resultados obtidos para cada área, de acordo com os valores obtidos anteriormente.

3.8.1 Zona PRG7

Após a intervenção na máquina de soldadura por brasagem (Figura 75), observou-se uma redução significativa no tempo de máquina em todas as referências.

Para a referência T.70430 (família Borboleta) pode-se observar pela Tabela 31 e pelo gráfico da Figura 80 uma redução de 28% (50,9 segundos) do lado A e 7% (10 segundos) do lado B da máquina. Isto proporcionou um aumento total de 12 peças por hora. Ou seja, a máquina era capaz de produzir 41 peças por hora e agora consegue produzir 53 peças por hora (aumento de aproximadamente 29%).

Para a referência T.70429 (família Duplos) a redução no tempo máquina ronda os 41% (57,5 segundos) do lado A e 25% (23 segundos) lado B, segundo a Tabela 31 e Figura 49. Inicialmente, tinha a capacidade de produzir 53 peças por hora e, após intervenção, é capaz de produzir 82 peças hora (aumento de 55%).

Para a referência T.70620 (família Rena), segundo os dados da Tabela 31 e gráfico da Figura 82, houve uma redução de 22% (25 segundos) e 23% (27 segundos), respetivamente do lado A e lado B. No início, era capaz de produzir 62 peças por hora e, atualmente, é capaz de produzir 80 peças por hora (aumento de 22,5%).

É importante referir que esta situação corresponderia a uma situação ideal. Isto significa que tem de estar um operador fixo no posto, e que não poderia fazer mais nenhuma máquina ou pode realizar um posto com várias máquinas desde que a máquina não espere pelo operador.

Pela Tabela 32 é possível observar o aumento do número de peças que a máquina consegue fazer, a mais, por semana (a 5 ou 7 dias) e por mês (22 ou 30 dias), dependendo do horário dos operadores.

Por fim, através da Figura 83 pode-se ver que a tendência de sucata na zona era crescente e apresentava uma inclinação acentuada. Atualmente, pela Figura 84 nota-se que apesar de a percentagem de sucata ainda apresentar uma tendência crescente, a sua inclinação reduziu.

3.8.2 Zona PRG6

Relativamente à zona PRG6, consegue-se ver uma descida na percentagem de sucata mal registada (Tabela 33). Tendo sido a AIP terminada em maio, que contava com 15% de sucata mal registada, no mês seguinte notou-se uma redução de 5%. Nesta fase, apesar de os

operadores terem sido sensibilizados para o problema, continuava a haver registos mal feitos. Com a entrada de novos operadores durante o mês de julho, a percentagem aumentou 2% face ao último valor. Foi neste período que foi dada formação aos operadores e foi colocada uma ajuda visual no posto de trabalho (Figura 78) para que, em caso de dúvidas, pudesse ser consultada pelos operadores. Como resultado, nos meses de agosto e setembro (excluindo dias de férias) a percentagem de sucata passou a ser de 0%. Esta evolução pode ser acompanhada no gráfico da Figura 85.

Relativamente à sucata, de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** nota-se num aumento contínuo na percentagem de sucata, sobretudo devido ao mau registo. Atualmente, a tendência passou a ser decrescente, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Esta análise, após implementação das ações, foi realizada excluindo os dias em que a empresa esteve de férias no mês de agosto, de forma a que os resultados obtidos fossem reais face às ações tomadas.

Desta forma, o gráfico da Figura 88 apresenta a evolução do custo de sucata na zona para o período de análise escolhido. Nos meses de agosto e setembro, contabilizou-se os dias de forma a que se obtivesse aproximadamente um mês de análise (30 dias) para não influenciar a tendência devido aos valores dos meses anteriores. Daí, a

Tabela 34 apresenta a média do custo de sucata entre o período inicial e atual. Inicialmente, a zona apresentava uma média de sucata de 6802,26€, e atualmente, conta com 6013,41€. Isto traduz-se numa redução de 12%.

Para finalizar, o resultado do balanceamento pode ser encontrado na Tabela 35. Inicialmente, a linha conseguia produzir 45 e 47 peças/hora para as referências das famílias “T” e “NT”, respetivamente, para o número padrão de operadores no posto (dois operadores).

Numa análise inicial, as operações do primeiro posto da família “T” eram: furar, soldadura por indução, e soldadura por brasagem. Para o segundo posto, as operações eram: curvar automaticamente, controlo, sopro+curvar manual+teste de obstrução.

Com a atualização dos tempos de operação e de ciclo, chegou-se à conclusão que a distribuição das operações pelos dois postos é a mais adequada, tendo apenas sido necessária a atualização dos tempos que, sendo os operadores mais rápidos e experientes, foram superiores. Após este balanceamento, o tempo de ciclo reduziu em aproximadamente 6%. Isto proporcionou um aumento no objetivo por hora de 45 para 50 peças/hora (aumento de 11%) .

Para a referência “NT” as operações do primeiro posto eram: furar tubo, soldadura por brasagem e soldadura por indução. Para o segundo posto, as operações eram: curvar automaticamente, controlo, sopro+curvar manual+teste de obstrução. Neste caso, notou-se que havia um desequilíbrio entre o tempo de ciclo de cada posto. Decidiu-se então passar a operação de furar para o posto seguinte, equilibrando melhor a zona. Juntamente com a atualização de tempos, houve uma redução de 22% (passou de 79,2 para 61,6 segundos). Isto proporcionou um aumento do número de peças/hora de 47 para 58 (aumento de 23%).

3.9 Outros trabalhos realizados

3.9.1 Gestão Visual Produção

De forma a auxiliar os operadores na parte de produção, foi criado um quadro de seguimento de produção. Este quadro serve para os operadores saberem o que estão a produzir, a quantidade que é necessária e quais as referências que vão entrar em seguida após completarem a produção da referência que estão a produzir no momento. A Figura 89 apresenta o quadro que foi colocado na zona de preparação.



Figura 89 – Quadro de seguimento de produção (Empresa em estudo).

São utilizados três tipos de cartões para este quadro.

- Um cartão verde, que indicam as referências que já estão em produção;
- Um cartão amarelo, que indicam as referências que estão em espera;
- Um cartão vermelho, que indicam as referências que são prioritárias.

Os cartões devem ser colocados nos locais corretos, não podendo desrespeitar a seguinte ordem:

- Os cartões verdes devem ser colocados nas zonas CONCLUÍDO, EM PRODUÇÃO e EMBUTIÇÃO DIRETA;
- Os cartões amarelos devem ser colocados apenas na zona SEQUÊNCIA;
- Os cartões vermelhos devem ser colocados apenas na zona PRIORITÁRIO.

Quando um cartão aparelho que está na zona SEQUÊNCIA entrar em produção, o cartão verde que estava na zona EM PRODUÇÃO avança para a zona CONCLUÍDO. Então a informação que estava no cartão amarelo deve ser passada para um cartão verde e colocado na zona EM PRODUÇÃO. Caso se esteja perante uma referência prioritária esta passa, assim que for possível, da zona PRIORITÁRIO para a zona EM PRODUÇÃO. Também aqui deve-se passar a informação contida no cartão vermelho para um verde.

Nos cartões amarelos que estão na zona SEQUÊNCIA, deve ser escrito no canto superior direito a ordem pela qual vai dar entrada da referência em produção. Deve ser escrito no canto inferior direito, a vermelho, quando esta referência está a produzir diretamente para a linha de produção por não haver stock. Pode-se complementar a informação dos cartões escrevendo em qual máquina vai ser produzido.

Por fim, os cartões que já não são utilizados (que se encontram na zona CONCLUÍDO) deve ser apagada toda a informação que ele contém e guardá-los. A Figura 90 mostra exemplos de cartões preenchidos.



Figura 90 – Cartões utilizados no quadro de seguimento de produção (Empresa em estudo).

Desta forma, os operadores sabem aquilo que tem de produzir, a quantidade necessária e quais as referências que vão entrar de seguida.

3.9.2 Gestão Visual de Paragem de Máquina

Foi criada também uma ajuda visual de paragem de máquina, de forma a ajudar a passar a informação de alguma paragem de máquina, por avaria ou preparação, entre operadores, monitores e encarregados, técnicos de manutenção, entre outros.

Esta ideia surgiu na avaria de uma máquina, onde o técnico de manutenção arranjou a máquina e a colocou operacional e, uma vez que não passou a informação a monitores e a operadores, esta ficou parada durante 24 horas.

Desta forma, foi criada uma ajuda visual com cartões para facilitar a passagem de informação, visto que assim é mais fácil de ver qual o estado da máquina e se está pronta para produzir ou não. É composto por um cartão base que está em todas as máquinas do setor, como apresentado na Figura 91. Nele é apresentado o funcionamento da ajuda visual.

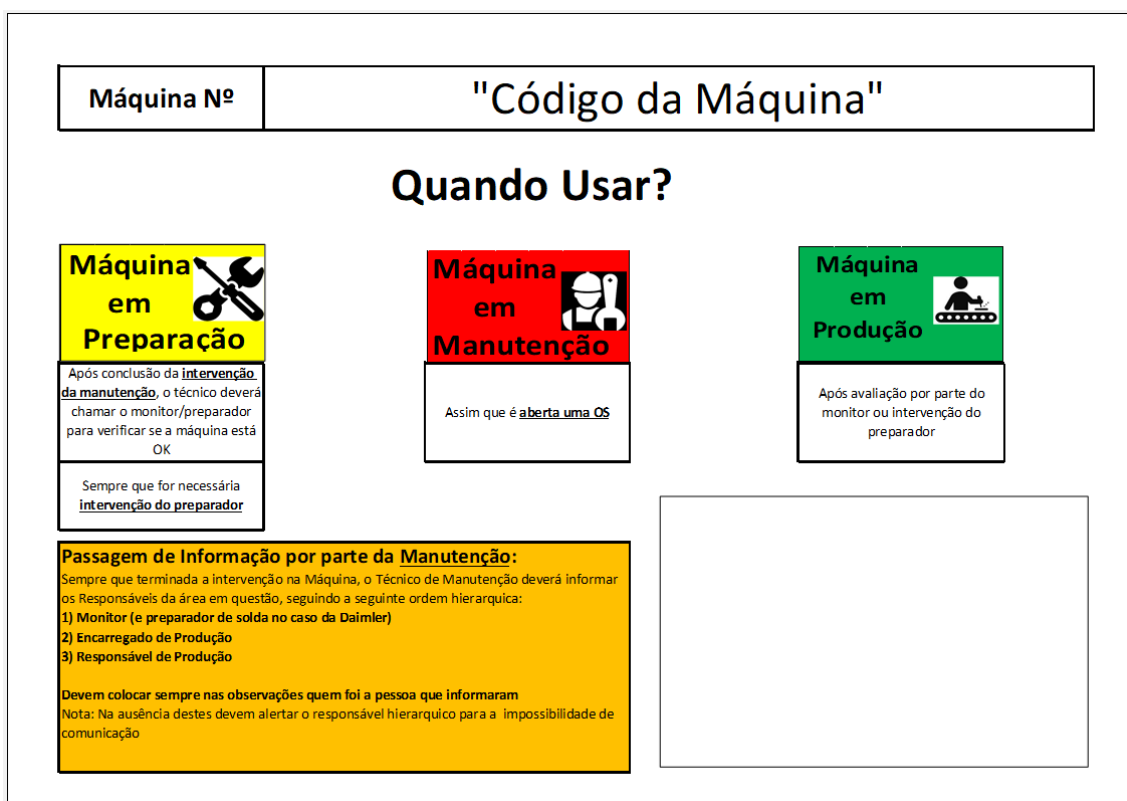


Figura 91 – Painel gestão visual paragem de máquina (Empresa em estudo).

Com ele existem mais três cartões de cores. Um cartão verde, que significa que a máquina está pronta para produzir (Figura 92), um amarelo, onde diz que a máquina está em preparação (Figura 93) e um vermelho, que significa que a máquina está em manutenção (Figura 94).



Figura 92 – Exemplo de cartão verde utilizado para máquina em produção (Empresa em estudo).



Figura 93 – Exemplo de cartão amarelo utilizado para máquina em preparação (Empresa em estudo).



Figura 94 – Exemplo de cartão vermelho utilizado para máquina em manutenção (Empresa em estudo).

Esta ajuda visual funciona da seguinte forma:

1. Sempre que a máquina avarie ou que seja necessária a intervenção da manutenção, os operadores devem colocar o cartão vermelho no painel que está na máquina;
2. Caso seja necessária a intervenção do preparador, os operadores devem colocar o cartão amarelo;
3. Após o técnico da manutenção intervir na máquina, ele deve retirar o cartão vermelho e colocar o amarelo. Deverá também informar por ordem hierárquica:
 - a) Monitor (e preparador de solda, caso haja);
 - b) Encarregado de produção;
 - c) Responsável de Produção.
4. Só após a validação da máquina por parte de um dos responsáveis acima indicados é que eles retiram o cartão amarelo e colocam o verde;
5. No caso de preparadores se validarem a máquina, passam do cartão amarelo para o verde (não há a necessidade de cartões vermelhos neste caso);

6. Por fim, e para manter o registo o técnico da manutenção que entreviu na máquina, deve colocar nas observações da ordem de serviço (OS) qual dos responsáveis que informaram.

Desta forma, é possível manter o fluxo de informação desde operadores até encarregados e responsável de produção (se necessário) e também entre os técnicos da manutenção.

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Competências adquiridas através do estágio e da realização da dissertação

4.3 Proposta de trabalhos futuros

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação, e de acordo com a metodologia que foi proposta inicialmente, todas as etapas foram realizadas de forma sequencial, para se conseguir obter os resultados que eram expectáveis. Este estudo de otimização de uma zona de preparação para uma linha de produção teve como principais objetivos a redução da sucata e aumento de produtividade, os quais foram cumpridos.

A análise do problema inciou-se pelo estudo das três linhas de produção, zonas estas que eram alimentadas por duas zonas de preparação. Através da análise da sucata e do seu custo, para um período inicial de aproximadamente 3 meses, concluiu-se que a linha de produção AA12 era a mais crítica no que diz respeito à geração de sucata. Partiu-se então dessa linha e, aprofundando mais as razões de geração de sucata nessa linha, detetou-se que o que mais impactava eram defeitos de fugas, devido em quase todos os casos a má soldadura da zona de preparação. Também permitiu concluir que havia três referências em particular que eram mais afetadas por este tipo de defeito. Isto pode ser justificado pelo facto de não existir um controlo a 100% destas referências após a soldadura por chama.

Passando para a zona de preparação, esta encontrava-se dividida em duas zonas: PRG6 e PRG7. Observou-se que na zona PRG7 havia uma baixa produtividade, enquanto que na zona PRG6 existia um custo de sucata bastante elevado. Pela aplicação de ferramentas *lean*, tais como análises Pareto e diagramas causa e efeito, complementado com uma análise de 5 porquês, detetaram-se várias causas do problema. Em relação à zona PRG6, observou-se que as causas que tiveram mais impacto no problema foi o mau registo de sucata que era efetuado, a afinação da máquina para soldar e o material de adição que era colocado.

Relativamente à zona PRG7, detetou-se um aumento do tempo de soldadura da máquina, segundo histórico já existente na empresa. Através de uma análise à máquina, foram detetadas fugas de ar, o que baixava o fluxo de mistura (ar/gás), sendo necessário mais tempo de soldadura. Também se detetou que a máquina trabalhava apenas com um ventilador, ao contrário das outras máquinas de soldadura por brasagem, que trabalhavam com dois.

Tendo sido conhecidas as causas de ambos os problemas, foi então elaborado um plano de ações, de forma a minimizar ou eliminar as causas e resolver os problemas. Não foi possível implementar algumas ações de melhoria durante a elaboração desta dissertação, por constrangimentos de tempo.

É expectável obter-se uma redução ainda maior no valor de sucata na zona PRG6, a partir do momento em que se comece a soldar com uma anilha com o dobro da espessura (segundo o exemplo do teste de soldadura por brasagem com duas anilhas sobrepostas, das quais resultaram 0% de fugas numa amostra de 100 tubos consecutivos).

Com isto, e através de uma nova análise à zona, concluiu-se que o valor de sucata na zona PRG6 reduziu em cerca de 12% e a produtividade da zona PRG7 aumentou cerca de 3%. Para ambos os objetivos tinha sido proposto um valor alvo de 5%. Desta forma a Tabela 36 mostra um resumo dos objetivos, do que foi implementado e dos resultados que se obtiveram.

Tabela 36 – Conclusões e resultados obtidos (Autoria própria).

Objetivos	Ações implementadas	Resultados obtidos
Redução da sucata em 5%	<ul style="list-style-type: none"> • Teste com anilhas de maior espessura; • Manutenção à máquina de soldadura por brasagem e por indução; • Formação aos operadores de como registar a sucata; • Ajuda visual no posto de trabalho de como rejeitar a sucata; • Balanceamento da zona PRG6. 	Redução de 12%
Aumento da produtividade em 5%	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção à máquina de soldadura por brasagem; • Afinação e limpeza dos carros de soldadura; • Troca das ligações da máquina de soldadura por brasagem; • Acoplamento de outro ventilador à máquina de soldadura chama. 	<p>Aumento de 29% na referência T.70430</p> <p>Aumento de 55% na referência T.70429</p> <p>Aumento de 22,5% na referência T.70620</p>

4.2 Competências adquiridas através do estágio e da realização da dissertação

Ao longo deste percurso, há que salientar o quanto é que este estágio realizado a nível empresarial me fez crescer, quer a nível pessoal, quer a nível profissional. A realização deste projeto, inserido numa empresa multinacional, permitiu-me alargar e aprofundar os conhecimentos que adquiri durante o meu percurso académico.

Desde o início houve um boa receção e um bom ambientamento na empresa por parte de todos os colaboradores. Houve sempre um bom acompanhamento por parte dos meus colegas de trabalho e foi-me fornecido todas as ferramentas necessárias para a realização desta dissertação. Perante o projeto que me foi atribuído e dadas as dificuldades que o mesmo acarretava, consegui apresentar resultados positivos quanto aos objetivos que foram propostos.

Todo este percurso permitiu-me adquirir as seguintes competências:

- Conhecimento sobre o funcionamento de uma organização;
- Verificação da capacidade de trabalho em ambiente empresarial;
- Capacidade de trabalhar em equipa;
- Maiores conhecimentos sobre processos de fabrico, e consolidação dos já existentes;
- Maior organização pessoal;
- Maior disciplina organizacional;
- Maior capacidade de análise de problemas;
- Maior prática no manuseio de ferramentas da qualidade.

4.3 Proposta de trabalhos futuros

Como proposta de trabalhos futuros, pretende-se transversalizar a ideia da mudança de ligações e de ventilador em todas as máquinas de soldadura por brasagem da fábrica, caso se verifique também um decréscimo de eficiência. Com esta transversalização, pode-se ganhar bastante eficiência nas zonas de preparação, evitando que as linhas de produção parem por falta de material soldado, ou perda de tempo por material direto de soldadura para a linha (muitas vezes unitário).

Também se pretende implementar a ação das anilhas mais espessas para a zona PRG6, uma vez que se obteve um excelente resultado no teste que foi feito, no qual se soldaram 100 tubos nas mesmas condições e se obtiveram 0 fugas. Pensa-se que, por essa via, se pode reduzir significativamente a sucata gerada nesta zona. O facto de o prazo de entrega das anilhas ser bastante alargado, não permitiu fornecer os resultados nem uma evolução do valor da sucata nesta dissertação.

Pretende-se também criar controlos para as referências mais problemáticas e que foram retratadas nesta dissertação (Borboletas, Duplos e Renas) de forma a que seja possível fazer um controlo destas peças a 100%, sem impactar as linhas de produção e, desta forma, segregar as peças não conformes na zona de preparação (onde o custo de rejeição é bastante inferior, comparativamente ao custo no último posto da linha de produção).

Por fim pretende-se estudar uma forma de alterar o processo produtivo, de forma a conseguir levar peças com uma quantidade quase nula de óleo para a lavagem. Com isto, será possível aumentar a eficácia do banho (uma vez que é menos óleo que a máquina tem de extrair das peças) e melhorar significativamente a soldadura e os processos que lhes sucede. Uma das formas será a implementação de uma etapa onde os tubos, após conformação são

mergulhados em serrim, por exemplo. Também se pretende estudar novos produtos para a lavagem e enxaguamento das peças.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] <http://www.leanti.com.br/conceitos/4/O-que-e-Lean-Thinking.aspx> - acessido a 02/09/2018 às 16h15
- [2] <https://expresso.sapo.pt/economia/2018-08-16-Automovel.-Exportacoes-de-componentes-em-recorde-absoluto#gs.LxXrvhA> – acessido a 20/08/2018 às 15:00h
- [3] Visión, U. N. A., Perfil, D. E. S. U., El, E. N., Friedlander, A., & Ortiz, C. (2016). L a I Ndustría.
- [4] Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.216>
- [5] Fonseca, L. (2016). Organização Industrial 2 Licenciatura em Engenharia Mecânica.
- [6] http://www.softschools.com/timelines/car_timeline/224/ - acessido a 08/05/2018 às 15h00
- [7] <https://pt.linkedin.com/pulse/trabalho-padronizado-ivan-luizio-magalh%C3%A3es> – acessido a 09/05/2018 às 8h30
- [8] Moreira, F. J. T. (2005). Introdução Do Estudo Da C Amada L Imite, 557–564.
- [9] Social, D. (1992). O automóvel e o desgaste social, 107–116.
- [10] <https://www.publico.pt/2018/02/16/economia/opiniao/industria-automovel-somos-excepcionais-mas-podemos-ser-ainda-melhores-1801682> - acessido a 12/05/2018 às 9h42
- [11] AICEP. (2017). Portugal global. 94, 66. <https://doi.org/35783332>
- [12] <http://www.autoinforma.pt/vendas-de-veiculos-automoveis-em-portugal.html?MIT=1> – acessido a 15/05/2018 às 16h30
- [13] <https://www.acap.pt/pt/noticia/16/estatisticas-do-sector-automovel-em-portugal/> - acessido a 15/05/2018 às 18h40
- [14] <http://www.acea.be/statistics/tag/category/eu-production> - acessido a 16/05/2018 às 12h15
- [15] Costa, M. J. R. M. J. (2016). Optimização Do Processo De Fabrico De Componentes Para a Indústria Automóvel. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia, Porto.
- [16] Meters, T. D. (1978). Ansi c12.5-1978 (r2002, r2012), 1978.
- [17] Associação, A. (2000). NBR ISO 9000 Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário. Retrieved from <http://www.standardconsultoria.com/f/files/814048ce04d8cdf2b1ba9438be31009791895463.pdf>
- [18] JURAN, J.M. A Qualidade desde o Projeto- Os novos passos para o planeamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Pioneira,1992.

- [19] FEIGENBAUM, A. V. Controle da qualidade total. São Paulo: Makron Books, v.1, 1994.
- [20] CROSBY, PHILIP B. Qualidade é Investimento. New York: McGraw-Hill. (1986)
- [21] Deming, E., Deming, A., Bakken, J. F., Co, F. M., & Drucker, P. F. (1993). W. Edwa R Ds Dem I Ng (1900–1993), (from 1946).
- [22] SHIKAWA, K. Controle de qualidade total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campos, 1993.
- [23] CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês). Ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.
- [24] NP EN ISO 9000. (2015). Sistemas de Gestão da Qualidade - Fundamentos e vocabulário. *Instituto Portugues Da Qualidade*, 7, 1–46. Retrieved from <http://www.iso.org/directives%0Awww.ipq.pt>
- [25] Gualtar, C. De. (2011). Instituto Superior de Engenharia do Porto, 33940–33943.
- [26] Anupindi, R., et al. 1998. Managing Business Process Flows. EUA : Simon & Schuster Custom Publishing, 1998.
- [27] Jocou, P. e Lucas, F. 1992. No Coração da Mudança: A Qualidade Total como Projecto de gestão. Portugal : Edições CETOP, 1992.
- [28] Blair, C., & DQS. (2017). Requirements of IATF 16949:2016, 1–47.
- [29] IATF, “About IATF,” 2018. [Online]. Available: <https://www.iaatfglobaloversight.org/about-iatf/>.
- [30] M. Santos and H. V. Neto, “A norma IATF 16949:2016: mudanças, transição, caminhos e oportunidades,” *CESQUA*, no. 1, pp. 69–91, 2018
- [31] Fonseca, L. (2016). Gestão da Qualidade , Ambiente e Segurança e Modelos de Excelência Empresarial - Mestrados ISEP, 216.
- [32] AMBASTHA, A; MOMAYA, K. Competitiveness of firms: Review of theory, Frameworks, and models. Singapore Management Review. Singapore, v.26, n°.1, 2004.
- [33] Hamel-and-Prahalad-1989-STRATEGIC-INTENT.pdf. (n.d.).
- [34] Barney, J.B., & Tayler, B. 1990. The attributes of top management teams and sustained competitive advantage, In M. Lawless & L. Gomez-Mejia (Eds.), *Managing the High Technology Firm*: JAI Press, in press.
- [35] PORTER, M.; VAN DER LINDE, C. Verde competitivo: acabando com o impasse. Competição: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- [36] Mintzberg, H, (1993) “The Pitfalls of Strategic Planning”, California Management Review, Vol.36, No. 1, Fall.
- [37] Kay, J. (1993) The Structure of Strategy. Business Strategy Review, 4.
- [38] (FERREIRA, M. Gestão Empresarial, 3ª Edição, LIDEL, 2015)
- [39] Costa, R. J. S., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2017). A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(9–12), 4043–4054.

- <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0109-4>
- [40] Frohm, J., Lindström, V., Winroth, M., & Stahre, J. (2006). The industry's view on automation in manufacturing. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 9(PART 1), 453–458. <https://doi.org/10.3182/20060522-3-FR-2904.00073>
- [41] Zheng, P., Wang, H., Sang, Z., Zhong, R. Y., Liu, Y., Liu, C., ... Xu, X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives, 13(2), 137–150. <https://doi.org/10.1007/s11665-018-0499-5>
- [42] Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- [43] Mendes, C. R., Siemon, F. B., & Campos, M. M. (2017). Estudos de caso da indústria 4.0 aplicados em uma empresa automobilística. *Posgere*, 1(4), 15–25.
- [44] Geissbauer, R., Vedso, J., Schrauf, S. Price Waterhouse Coopers. [Online] 2016 -acedido a 19-06-2018 às 12:34
- [45] <http://www.portal-administracao.com/2017/09/sete-ferramentas-da-qualidade-conceito.html> - acedido a 01/09/2018 às 23h30
- [46] Magalhães, J. M. (1996). As 7 Ferramentas Básicas da Qualidade. Retrieved from http://www.aprendersempre.org.br/arqs/9_7_ferramentas_qualidade.pdf
- [47] <http://www.primeironegocio.com/empreendedorismo/ferramentas-da-qualidade/> - acedido a 19/07/2018 às 15h19
- [48] <https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-fluxograma> - acedido a 20/07/2018 às 21h30
- [49] <https://www.citisystems.com.br/fluxograma/> - acedido a 03/06/2018 às 14h20
- [50] Peinado, J., & Graemi, A. R. (2007). Administração da produção: operações industriais e de serviços. *UnicenP*, 748. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Administra??o+da+Produ??o:+opera??es+industriais+e+de+servi??os#0>
- [51] Roberto, M. (2002). Análise E Melhoria Do Processo.
- [52] <http://wpm.wikidot.com/tecnica:diagrama-de-pareto> – acedido a 02/09/2018 às 19:19
- [53] Chorafas Auerbach, D. N., & Chorafas, D. N. (2001). *Integrating ERP, CRM, Supply Chain Management, and Smart Materials Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*.
- [54] Basu, R. (2008). *Implementing Six Sigma and Lean: A practical guide to tools and techniques*. Vasa. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-520-3.00019-5>
- [55] GONÇALVES, José Fernando. Gestão de Aprovisionamentos. 2ª Edição. Publindústria, 2012.
- [56] Miguel, D., & Mendeiro, L. (2017). Diogo Miguel Louro Mendeiro Estudo de melhoria numa linha de enchimento de uma empresa do setor alimentar.
- [57] Cost, S. T., & Method, L. R. (2017). 1973 Toyota Production System Manual, 2017, 1–49.
- [58] Pojasek, R. B. (2000). Asking “Why?” five times. *Environmental Quality Management*, 10(1), 79–84. [https://doi.org/10.1002/1520-6483\(200023\)10:1<79::AID-](https://doi.org/10.1002/1520-6483(200023)10:1<79::AID-)

TQEM10>3.0.CO;2-H

- [59] Maria, I., & Alves, M. (2018), Redução de Quebras de Materiais de Embalagem numa Indústria Cervejeira. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- [60] <http://saiadolugar.com.br/ferramentas-de-gestao/> - acedido a 03/07/2018 às 20h15
- [61] Assis, R. (2017). Balanceamento de uma linha de produção, (1), 10. Retrieved from <http://www.rassis.com/artigos/Operacoes/Balanceamento.pdf>
- [62] António, P., & Mplantação, O. P. D. A. I. (2010). Vertentes da Optimização do Processo.
- [63] Antonioli, I. C. (2017). Análise e otimização de uma linha de produção do setor de automóveis.
- [64] PINTO, JOÃO PAULO. PENSAMENTO LEAN: A FILOSOFIA DAS ORGANIZAÇÕES VENCEDORAS. COMUNIDADE LEAN THINKING. LIDEL – EDIÇÕES TÉCNICAS, LDA. LISBOA, PORTO, PORTUGAL. 2009. ISBN 9789727576463.
- [65] Warren, M. (1973). 1973 TPS Manual.
- [66] Coelho, T. (2013). Aplicação da Abordagem Kaizen Lean no Departamento de Logística no HGSA.
- [67] Isabel, R., & Caldeira, M. (2016). Plicação da filosofia lean para melhoria do processo numa linha de produção da empresa ikea.
- [68] Stoffel, H. L., & Nunes, F. D. L. (2018). Aplicação do pensamento enxuto no ciclo de pedido para melhorar o nível de serviço prestado aos clientes : um estudo de caso em uma empresa da indústria calçadista . Application of lean thinking in the order cycle to improve the level service provided to c, 3, 48–75.
- [69] Aplicação da metodologia SMED na produção de rolhas capsuladas. (2018).
- [70] <http://www.portal-administracao.com/2016/10/kaizen-filosofia-melhoria-continua.html> - acedido a 03/06/2018 às 21h26
- [71] <https://www.sbcoaching.com.br/blog/lideranca-e-coaching/estilos-de-lideranca/> - acedido a 03/06/2018 às 21h30
- [72] <http://i2.wp.com/qsconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/07/principios-ba%CC%81sicos-da-melhoria-continua.png>
- [73] Visión, U. N. A., Perfil, D. E. S. U., El, E. N., Friedlander, A., & Ortiz, C. (2016). L a I Ndustría.
- [74] Do, E., No, R., De, E., & Do, R. (2012). Elhoria do, (D).
- [75] Processo, D. O., Chapa, D. E. C. D. E., & Na, L. (2016). O Timização Do Processo De.
- [76] Shivanand, H. K., Benal, M. M. ., & Koti, V. (2006). *Flexible Manufacturing System*. Retrieved from www.newagepublishers.com
- [77] Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [78] <https://www.citisystems.com.br/andon/> - acedido a 05/05/2018 às 16h54
- [79] <http://www.choicetech.com.br/pdf/automacao/folder-werma-choice-produtos.pdf> - acedido a 13/07/2018 às 23h45

[80] Ferreira, M. P. F. (2016). Sistema CONWIP (Constant Work In Process), 71.

[81] <https://www.jungheinrich.pt/empresa/relatoriosreferencias/referencias/bosch/> - aceso a 15/08/2018 às 21h00

ANEXOS









6.1 Anexo I - Simbologia do Fluxograma











6.2 Anexo II - Códigos de Defeito







6.3 Anexo III - Ajuda visual

6 ANEXOS

6.1 Anexo I - Simbologia do Fluxograma

Símbolo	Nome	Descrição
	Seta	Indica a interligação entre dois outros símbolos e a direção do fluxo.
	Terminação	Indica o início ou o fim de um fluxo no diagrama de processos.
	Processo	Indica um determinado processo e as suas funções e atividades.
	Decisão	Representa uma decisão que tem de ser tomada e seguirá uma determinada direção em função da decisão.
	Atraso	Representa um tempo que vai ser decorrido antes que o fluxo do processo continue.
	Dados	Representa qualquer tipo de dados no fluxograma.
	Documento	É um tipo de informação que pode ser lida por pessoas, como um relatório impresso, entre outros.
	Vários Documentos	Mesmo significado do símbolo anterior. Representa vários documentos.

Símbolo	Nome	Descrição
	Sub-rotina ou processo definido.	Processo que foi previamente definido.
	Preparação	Mostra que é necessário fazer ajustes ou modificações no processo antes de prosseguir.
	Ecrã	Indica que alguma informação será mostrada num ecrã ou outra forma de visualização.
	Entrada manual	Mostra que alguma operação será efetuada de forma manual.
	Loop Manual	Indica que uma sequência de comandos ou operações ocorrerão de forma repetida até ser parada de forma manual por uma pessoa.
	Limite de Loop	Representa o início de um processo de loop.
	Dados armazenados	Mostra que existem dados armazenados.
	Conetor	Indica que vai existir uma inspeção neste ponto.
	Conetor para outra página	Mostra que existe uma referência cruzada e uma ligação deste processo para outro processo que se encontra noutra página.
	Ou	Representa o “ou” lógico

Símbolo	Nome	Descrição
	E	Representa o “e” lógico
	Agrupar	Indica um passo onde os dados são organizados de uma forma padrão.
	Classificar	Mostra que neste ponto será gerada uma lista que organiza os itens em determinada ordem.
	Misturar	Indica um passo onde serão combinados diversos conjuntos num só.
	Base de dados	Significa uma lista de informações com uma estrutura padrão que permite a pesquisa e classificação.
	Armazenamento interno	Representa um dispositivo de armazenamento interno.

6.2 Anexo II - Códigos de Defeito

Código de Defeito	Designação do Defeito
AB	Defeito abocardado
AC	Ajuste de curvadoras
AP	Altura Prensado NOK
AS	Ajuste soldadura
AM	Acerto máquina
CA	Casquilho aberto
CE	Comprimento errado
CI	Curvado incorrecto
CM	Corte mangueira
CO	Componente oxidado
CP	Clip partido
CQ	Controlo Qualidade
DC	Descentrados
DE	Diametro nok Embutidora
DF	Deformados
DG	Diametro nok Grazioli
DI	Diferença entre patas prensado NOK
DN	Diametro Prensado NOK
DO	Defeito do Obús
DP	Preparação Máquina
EC	Embutido cónico
ED	Exterior Deteriorado
EE	embutido errado
EF	Excessiva Flexão Tubos
EF	Flecha errada
ES	FUGA POR SOLDADURA
EL	Ensaio limpeza
ET	Emendas tubagem
FB	Falta Brida
FC	Falta casquilho
FD	Furo deformado
FE	falta insert
FH	Fugas ou Hérnias
FI	Fornecedor interno
FM	Falta marcação casquilho
FN	Falta Material
FO	Falta de operação
FS	Fuga por Soldadura
FU	Fuga
FX	fornecedor externo
GM	Golpes/Mossas
HE	Hérnia

Código de Defeito	Designação do Defeito
IC	Preparação solda chama
II	Preparação solda indução
IN	Industrialização
IM	Intervenção manutenção
MA	Mal Angulados/ orientado
ME	Mal Esmerilado
MF	Mal furado
ML	Máquina lavar
MM	Mal Marcado
MO	Mal Montado
MP	Mal Prensado
MV	Mal Vedado
NS	Não Passa Sonda
OV	Ovalizado
PA	Pontas alumínio
PB	Problema de brida
PC	Preparação curvadoras
PD	Protecção deteriorada
PE	Preparação embutidora
PG	Preparação Graziolli
PM	Pontas de mangueira
PO	Pontas (Utilsinter)
PP	Preparação Prensas
RB	Rebaldas
RD	Racores Deteriorados
RF	Racores Fissurados
SC	Mal soldado chama
SD	Soldadura NOK
SF	Casquilho sem furo
SI	Mal soldado indução
SL	Mal soldado Languopin
SP	Soldadura tubo/pote
SM	Soldadura MIG
ST	Sem Tija
SV	Soldadura valvula
TA	Tubo amassado
TC	Troca componente
TE	Tubo escorrega
VM	Válvula com mossas
VP	Válvula Partida
XX	Sem defeito
PR	Preparação Bema

6.3 Anexo III – Ajuda Visual

COMO REJEITAR AS REFERÊNCIAS EM CADA FASE DO PROCESSO – PRG6

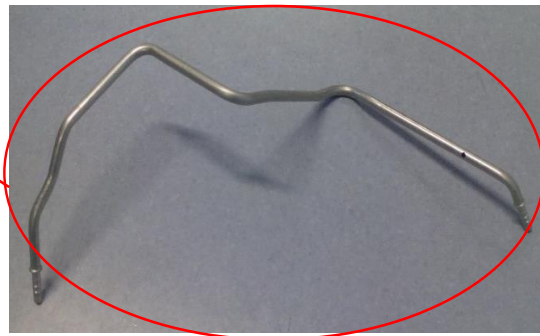
Furadora → Referência do tubo em reto.

Exemplo: P1141904L844



Curvadora Automática → Referência do tubo em reto.

Exemplo: P1141904L844



Soldadura Indução → R + (Referência em Produção) – G1

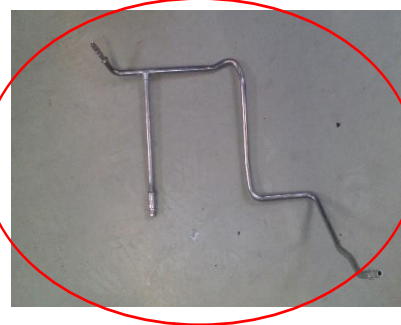
Exemplo: R9531016-G1



COMO REJEITAR AS REFERÊNCIAS EM CADA FASE DO PROCESSO – PRG6

Soldadura Chama (Lado A/B) para a referência “NT” → R + (Referência em Produção) – G2

Exemplo: R9531012-G2



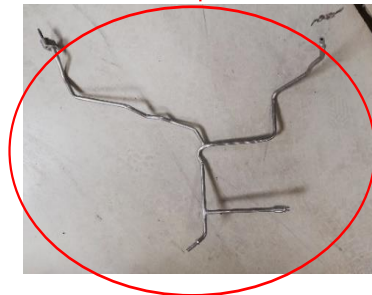
Soldadura Chama para a referência “T” → R + (Referência em Produção) – G2 → Lado A

→ R + (Referência em Produção) – G3 → Lado B

Exemplo: R9531016-G2



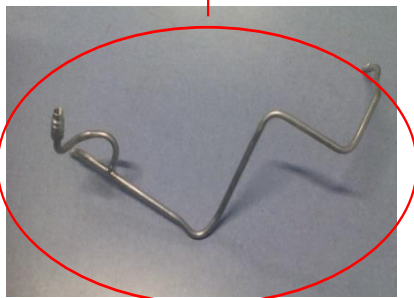
Exemplo: R9531016-G3



Curvadora Manual → R + (Referência em Produção) – G2 para a referência “Não-T”

→ R + (Referência em Produção) – G3 para a referência “T”

Exemplo: R9531012-G2



Exemplo: R9531016-G3

