





*“Melhorar é mudar, então ser perfeito é ter mudado frequentemente”*

*Winston Churchill 1925*



## Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus por tudo. Em segundo lugar agradeço aos meus pais, irmão e avós que me acompanharam em todos os momentos de esta jornada, agradeço ao professor António Abreu por me ter orientado, a todos aos professores que me formaram e à engenheira Ana Pedro, ao engenheiro Russell Coelho e ao doutor Carlos Martins por auxiliarem na implementação de este caso prático. Em terceiro lugar agradeço a todos os meus colegas e amigos que diretamente ou indiretamente contribuíram, auxiliaram e apoiaram nesta caminhada mencionando, Adriano Balhana, Alexandre Lambrou, André Lopes, Beatriz Esteves, Bernardo Cruz, Filipe Santos, Francisco Garcia, João Araújo, João Geraldês, João Reis, João Samouco, João Silvestre, João Soares, José Duarte, Mafalda Viegas, Mariana Preza, Mariana Sousa, Mário Martina, Pedro Nunes, Pedro Gaspar, Rafael Kuffner dos Anjos, Rita Soares, Talita Barbosa e Tiago Almeida.

## Resumo

A competitividade internacional acentuada motivada pela globalização com o objetivo de alcançar um público que cada vez se nota mais exigente faz da diminuição de custo e aumento da qualidade uma necessidade primária transversal a qualquer setor. A indústria de medicamentos genéricos onde o preço é a arma principal no alcance do consumidor não é exceção e cria uma forte necessidade na aplicação das metodologias Lean.

O conceito “Lean” nasceu a partir da Toyota Production System, em que num período pós-guerra, a indústria japonesa viu-se obrigada a se reinventar para se erguer passando de uma conjuntura devastada até à potência que é nos dias que correm. O verdadeiro impulsionador foi Taiichi Ohno, engenheiro industrial na Toyota que pôs em prática as suas próprias ideias combatendo o “muda” e criando uma nova visão baseada em três fatores base, pessoas, processos e soluções. Estas metodologias foram acompanhadas de perto durante anos por Womack e relatadas nos anos 90 em duas obras a “A Máquina Que Mudou o Mundo” e “Lean Thinking” batizando-as de metodologias Lean em que os desperdícios são vistos como as gorduras que existem num corpo.

A visão Lean em que tem por base a identificação de valor, a redução de todas as atividades que não contribuem para a criação do mesmo e tendo sempre em consideração todos os envolventes, tornou a produção das empresas japonesas mais flexível, reduzindo custos e aumentando a competitividade. Esta nova perspetiva que permitiu exemplos como a Toyota obter resultados fez com que todos os setores se cativassem por esta prática acabando por transmitir para variadíssimas áreas.

Todas as práticas cujo o objetivo é a redução de desperdícios como defeitos ou esperas foram sendo identificadas e denominadas como ferramentas e técnicas Lean. Exemplos destas práticas foram aparecendo nas últimas décadas em zonas tão distintas do globo como por exemplo o 6 sigma criada nos Estados Unidos ou diagrama de Ishikawa criado no Japão.

No âmbito da apresentação das metodologias Lean nas organizações foi aplicado um estudo de redução de tempos de mudança numa das linhas de embalagem de uma empresa da indústria farmacêutica de medicamentos genéricos.

O objetivo do estudo foi a redução dos tempos de mudança entre produtos mediante a aplicação de um modelo proposto. Este modelo consistiu num ciclo baseado no ciclo PDCA que oferece uma estratégia de implementação focada na redução dos tempos de mudança. Nos diferentes estágios desta implementação várias ferramentas são abordadas como o caso 5w2h, Ishikawa, Value Stream Mapping, Total Productive Maintenance e SMED.

Mediante esta aplicação, no espaço de três meses e sem investimento financeiro foi possível a redução de tempos na ordem dos 60 minutos correspondendo a 20% do tempo total de setup e redução do número de esperas em 47%.

Palavras chave: Lean, Indústria Farmacêutica, SMED, Ferramentas Lean

## Abstract

The strong international competitiveness motivated by globalization with the goal of reaching a public that is increasingly more demanding makes the reduction of costs and the increase of quality a primary need across all sectors. The generic drug industry where the price is the primary weapon in reaching consumers is no exception and creates a strong need in the application of Lean methodologies.

The concept of "Lean" was born from the Toyota Production System, in which in a post-war period, the Japanese industry was forced to reinvent itself to rise from a devastated conjuncture to a power that is nowadays. The real driver was Taiichi Ohno, an industrial engineer at Toyota who put his own ideas into practice by fighting "muda" and creating a new vision based on three basic factors, people, processes and solutions. These methodologies have been closely observed for years by Womack and reported in the 1990s in two books "The Machine That Changed the World" and "Lean Thinking" by naming them Lean methodologies in which waste is seen as the fat in a body.

The Lean vision, based on the identification of value, reduction of all activities that do not contribute to the creation of it and considering all the stakeholders, allowed the Japanese companies' production to reduce costs, increase competitiveness and be more flexible. This new perspective, which allowed examples, such as Toyota, to obtain very interesting results, has made all sectors interested in this practice passing it to many areas.

All these practices whose goal is to reduce waste as defects or waits have been identified and referred to as Lean tools and techniques. Examples of these practices have been appearing in last decades in such distinct areas of the globe as for example the 6-sigma created in the United States by Motorola or Ishikawa diagram created in Japan.

In the context of the presentation the Lean methodologies in the organizations, a study was applied to reduce change over times in one of the packaging lines of a company of the pharmaceutical industry of generic medicines.

The goal of the study was to reduce the change-over times between products by applying a proposed model. This model consisted in a cycle based in the PDCA cycle that provides an implementation strategy focused on reducing setup times. In the different stages of this implementation several tools are approached as for example 5w2h, Ishikawa, Value Stream Mapping, Total Productive Maintenance and SMED.

Through this application, in the space of three months and without financial investment it was possible to reduce times around 60 minutes corresponding to 20% of the total setup time and reduction of the number of waiting times by 47%.

Key words: Lean thinking, Pharmaceutical Industry, Lean Tools, SMED

## Glossário

- Alvéolo - cavidade onde são inseridos os comprimidos nos blisters.
- Blister - Invólucro fino, com pequenos compartimentos onde são acondicionados comprimidos, cápsulas ou outros objetos pequenos, cuja superfície é depois revestida para proteger o conteúdo.
- Capacidade de processo - Este termo mede quanto um sistema é capaz de produzir dentro das especificações avaliando a competência de um processo. Este termo distingue-se de capacidade que mede apenas o que um sistema é capaz de fazer (por exemplo, peças/hora).
- Cápsula - Glóbulo gelatinoso ou pequeno recipiente ingerível em que se encerra um medicamento "cápsula".
- Comprimido - Substância medicamentosa, compactada por compressão.
- Contaminação Cruzada - transferência de microrganismos de um material contaminado para outro, direta ou indiretamente.
- Economias de escala - organização do processo produtivo de maneira a maximizar a utilização de fatores envolvidos no processo, procurando como resultado a redução do custo unitário.
- Folheto informativo - também conhecido por bula, papel que acompanha um medicamento com conteúdo informativo sobre a composição e utilização.
- Formato - conjunto de peças usadas na produção de um produto.
- GMP - Good Manufacturing Practice é um sistema que assegura que os produtos são constantemente e consistentemente produzidos e controlados de acordo com os padrões de qualidade.
- Material de Formação - Material usado na formação dos blisters.
- Molécula princípio ativo - substância que deverá exercer o efeito farmacológico.
- MUDA - palavra japonesa para “desperdício” usado como referência a todas as atividades que não acrescentam valor.
- OPL - One Point Lessons documentos de formação rápida.
- Primária - Nome dado nas linhas à máquina blisteradora.
- PVC - policloreto de vinil plástico material usado na formação dos blisters.
- Secundária - Nome dado nas linhas à máquina Encartonadora.
- Setup - palavra inglesa para organização ou configuração usado na gíria para referir a mudanças entre produtos.
- SOP - Standard Operations Procedure Instruções sobre processo de operações referente a cada organização.
- Stakeholders – Pessoa ou grupo que tem interesse na empresa, negócio ou indústria podendo ou não ter feito um investimento neles.
- Termoplásticos - Diz-se de ou resina sintética que amolece por ação do calor e endurece depois de arrefecida.

## Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e objetivos.....	1
1.2. Metodologia.....	1
1.3. Estrutura da Tese.....	2
2. Pensamento Lean.....	3
2.1. Toyota Production System – A Origem.....	4
2.1.1. Força Laboral.....	4
2.1.2. Processos Lean.....	5
2.1.3. Cadeia de Fornecimento.....	5
2.1.4. Relação com o cliente.....	6
2.2. Lean nos dias que correm.....	8
2.2.1. Serviços de Saúde.....	8
2.2.2. Construção Civil Lean Construction (LC).....	8
2.2.3. Setor Logística.....	8
2.2.4. Setor público (Lean Government).....	9
2.2.5. Setor Hoteleiro.....	9
2.3. Princípios Lean.....	10
2.3.1. Valor.....	10
2.3.2. Identificar a Cadeia de Valor.....	11
2.3.3. Otimizar o Fluxo.....	11
2.3.4. Pull.....	12
2.3.5. Perfeição.....	14
2.4. Métodos e Ferramentas Lean.....	16
2.4.1. Método 5's.....	17
2.4.2. Métodos de Identificação de Causas.....	17
2.4.3. Análise da Cadeia de Valor.....	18
2.4.4. Pull System.....	19
2.4.5. Six Sigma.....	20
2.4.6. Total Productive Maintenance.....	22
2.4.7. SMED.....	23
2.4.8. Prevenção de Falhas - Error Proofing.....	23
2.4.9. Resolução de Problemas - 8D.....	24
2.4.10. Planeamento Hoshin Kanri.....	25
3. Modelo de Aplicação - Redução dos Tempos de Mudança.....	27
3.1. Analisar.....	27

3.2.	Interpretar e Planear .....	28
3.3.	Criar .....	28
3.4.	Verificar .....	29
3.5.	Ferramentas .....	29
3.5.1.	5w2h.....	29
3.5.2.	VSM .....	30
3.5.3.	ISHIKAWA .....	31
3.5.4.	SMED .....	31
3.5.5.	Total Productive Maintenance .....	34
3.5.6.	Método 5's .....	37
3.5.7.	Poka-Yoke.....	37
4.	Caso de Estudo – Linha B .....	39
4.1.	Apresentação da Empresa.....	39
4.2.	Caracterização da Linha B .....	40
4.2.1.	Componentes da linha B .....	41
4.2.2.	Espaço .....	43
4.2.3.	Air Flow.....	43
4.2.4.	Pessoal.....	44
4.2.5.	Produtos .....	44
4.2.6.	Formatos .....	45
4.2.7.	Plataforma OEE .....	46
4.3.	Aplicação do Modelo.....	48
4.3.1.	Analisar .....	48
4.3.2.	Interpretar e Planear .....	73
4.3.3.	Criar .....	76
4.3.4.	Verificar - Primeiro Trimestre de 2018.....	91
5.	Conclusão e Trabalhos Futuros .....	96
6.	Referências Bibliográficas .....	98

## Índice de Figuras

Figura 2.1 Três Bases Fundamentais da Metodologia Lean fonte:(J. P. Pinto, 2014, p.297) .....	3
Figura 2.2 Cronologia da Evolução da Filosofia Lean .....	7
Figura 2.3 Diferentes Estratégias Fonte:(Simchi-Levi et al., 2004, p. 18)(Adaptado) .....	14
Figura 2.4 Princípios Lean segundo Comunidade Lean Thinking Fonte:(J. P. Pinto, 2014, p.20) 15	
Figura 2.5 Ilustração referente à década em que apareceu cada ferramenta .....	16
Figura 2.6 Esquema ciclo PDCA .....	16
Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa Fonte:(Gwiazdax, 2006, p.20) (adaptado) .....	18
Figura 2.8 Análise de cadeia de valor Fonte:(CS Odessa, 2016) .....	19
Figura 2.9 Gráfico de Distribuição Normal Fonte:(Parbhakar, 2018) (adaptado) .....	21
Figura 2.10 Influência de centragens e amplitudes Fonte:(Inkscape, 2008) .....	21
Figura 2.11 Elementos TPM Fonte:(J. Kumar et al., 2014, p.46) (adaptado) .....	23
Figura 2.12 Esquema Hoshin Kanri Fonte:(Hutchinsx, 2008, p.46) (adaptado) .....	26
Figura 3.1 Modelo Proposto do Redução de Tempos de Mudança.....	27
Figura 3.2 Representação do modelo proposto.....	29
Figura 3.3 Aplicação Ishikawa .....	31
Figura 3.4 Esquema de uma análise SMED Fonte:(Industries, 2014)(adaptado).....	32
Figura 3.5 Abordagem de Shingo e McIntosh et. al .....	34
Figura 3.6 Esquema TPM Fonte:(Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2003, p.74) (adaptado).....	34
Figura 3.7 Pilares TPM Fonte:(Khambax, 2015, p.74) (adaptado) .....	35
Figura 3.8 Esquema OEE Fonte:(Khambax, 2015, p.74) (adaptado) .....	36
Figura 3.9 Aplicação Poka-yoke.....	38
Figura 4.1 Desenvolvimento Cronológico do Estudo .....	39
Figura 4.2 Máquina B .....	40
Figura 4.3 Formatos de cápsulas e comprimidos.....	41
Figura 4.4 Divisão da máquina .....	41
Figura 4.5 Componentes da blisteradora.....	42
Figura 4.6 Componentes da Encartonadora .....	42
Figura 4.7 Divisão Da Linha B .....	43
Figura 4.8 Esquema dos Produtos da Linha B .....	44
Figura 4.9 Esquema de Formatos de Peças.....	45
Figura 4.10 Diagrama de formatos de peças .....	46
Figura 4.11 Ecrã da plataforma de OEE.....	47
Figura 4.12 Monitorização do estado atual das linhas .....	47
Figura 4.13 Cadeia de Valor de uma Mudança .....	48
Figura 4.14 Documento usado na recolha de dados no acompanhamento de mudanças.....	50
Figura 4.15 Gráfico Gantt Setup Tipo 1.....	60
Figura 4.16 Gráfico Gantt Setup Tipo 2.1.....	61
Figura 4.17 Gráfico Gantt Setup Tipo 2.2.....	63
Figura 4.18 Gráfico Gantt Setup Tipo 2.3.....	64
Figura 4.19 Gráfico Gantt Setup Tipo 3.....	65
Figura 4.20 Tempo total de Setups em 2016 e 2017 .....	66
Figura 4.21 Percentagem de Setups em 2016 e 2017 .....	66
Figura 4.22 Número de horas das mudanças decorrentes em 2016 .....	66
Figura 4.23 Número de horas das mudanças decorrentes em 2017 .....	67
Figura 4.24 Duração de setups tipo 1 no período de 2016 e 2017 .....	67

Figura 4.25 Duração de setups tipo 2.1 no período de 2016 e 2017 .....	67
Figura 4.26 Duração de setups tipo 2.2 no período de 2016 e 2017 .....	68
Figura 4.27 Duração de setups tipo 2.3 no período de 2016 e 2017 .....	68
Figura 4.28 Duração de setups tipo 3 no período de 2016 e 2017 .....	68
Figura 4.29 Matriz de mudança de dimensões de folhetos informativos entre produtos .....	71
Figura 4.30 Matriz de mudança de dimensões de folhetos informativos entre produtos .....	72
Figura 4.31 Análise de Pareto de Paragens em Setup.....	73
Figura 4.32 Diagrama de Causa-Efeito nos tempos de Setup .....	73
Figura 4.33 Propostas de melhoria .....	74
Figura 4.34 Relação entre as propostas de solução e as causas .....	75
Figura 4.35 Objetivo imposto.....	75
Figura 4.36 Documento partilhado com na linha com o objetivo .....	75
Figura 4.37 Gráfico Gantt - Passo 1.....	76
Figura 4.38 Gráfico Gantt - Passo 2.....	77
Figura 4.39 Fotografia dos Operadores na limpeza da máquina .....	77
Figura 4.40 Apresentação do Documento de Sequência de Operações.....	78
Figura 4.41 Gráfico Gantt - Passo 3.....	79
Figura 4.42 Gráfico Gantt de setup tipo 3 acompanhado a 17 de novembro de 2017 .....	79
Figura 4.43 Gráfico Gantt de setup tipo 3 acompanhado a 7 de fevereiro de 2018 .....	79
Figura 4.44 Utilização dos Simtaps nos Setups Tipo 2.3 .....	82
Figura 4.45 Orçamento de Peças .....	82
Figura 4.46 Percentagem de falhas referente ao número de lotes embalados.....	84
Figura 4.47 Alteração no número de dimensões de Folhetos Informativos.....	84
Figura 4.48 Matriz de mudança entre folhetos informativos segundo nova proposta .....	85
Figura 4.49 One Point Lesson de Afinação da Máquina Agrupadora .....	87
Figura 4.50 Esquema de Sequência de Operações .....	88
Figura 4.51 Nº horas em espera de manutenção em 2017 .....	88
Figura 4.52 Fotografia de carrinho sem suportes laterais .....	89
Figura 4.53 Fotografia de carrinho com suportes laterais .....	89
Figura 4.54 Página do Ficheiro Excel com as fotografias de cada peça .....	90
Figura 4.55 Folha de Formato – linha B .....	90
Figura 4.56 Comparação da distribuição dos tempos de Setup Tipo 2.2.....	91
Figura 4.57 Comparação da distribuição dos tempos de Setup Tipo 2.3.....	92
Figura 4.58 Comparação da distribuição dos tempos de Setup Tipo 3.....	92
Figura 4.59 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 2.1 .....	93
Figura 4.60 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 2.2 .....	93
Figura 4.61 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 2.3 .....	94
Figura 4.62 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 3 .....	94
Figura 4.63 Disponibilidade de Linha B durante o período analisado .....	95
Figura 4.64 Valores do OEE da linha B durante o período analisado.....	95

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 Perguntas 5w2h Fonte:(Nagyova et al, 2015, p.34) (adaptado) .....	30
Tabela 3.2 Tabela de Melhorias Fonte:(S. Culley Et Al. , 2001, p. 236) (adaptado) .....	33
Tabela 4.1 Número de Setups Acompanhados.....	50
Tabela 4.2 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Finalizar Lote" .....	52
Tabela 4.3 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da finalização de lote .....	53
Tabela 4.4 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Desmontagem" .....	53
Tabela 4.5 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Desmontagem" .....	53
Tabela 4.6 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Limpeza Inicial da Máquina" .....	54
Tabela 4.7 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Limpeza Inicial da Máquina" .....	54
Tabela 4.8 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Limpeza Final da Máquina" .....	54
Tabela 4.9 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Limpeza Final da Máquina" .....	54
Tabela 4.10 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Montagem" .....	55
Tabela 4.11 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Montagem" da primária .....	55
Tabela 4.12 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Montagem" da secundária .....	56
Tabela 4.13 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Afinações" .....	56
Tabela 4.14 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Afinação" da primária.....	56
Tabela 4.15 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Afinação" da secundária .....	57
Tabela 4.16 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Higienização" .....	57
Tabela 4.17 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Higienização" .....	57
Tabela 4.18 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Limpeza de Peças" .....	58
Tabela 4.19 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Limpeza de Peças" .....	58
Tabela 4.20 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da limpeza do Simtap.....	58
Tabela 4.21 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 1 .....	59
Tabela 4.22 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 2.1 .....	61
Tabela 4.23 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 2.2 .....	62
Tabela 4.24 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 2.3 .....	63
Tabela 4.25 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 3 .....	64
Tabela 4.26 Número de Setups nos anos 2016 e 2017 .....	66
Tabela 4.27 Dados de Mudanças decorrentes em 2016.....	66
Tabela 4.28 Dados de Mudanças decorrentes em 2017.....	67
Tabela 4.29 Produtos mais produzidos na linha B .....	69
Tabela 4.30 Formatos usados no período de 2016/2017 .....	69
Tabela 4.31 Nº de vezes que a dimensão de F.I. foi usada no período de 2016/2017.....	70
Tabela 4.32 Nº de vezes que a dimensão de Cartonagens foi usada no período de 2016/2017 .....	71
Tabela 4.33 Lista das 12 principais causas de paragens no período de 2017 .....	72
Tabela 4.34 Correspondência de propostas de melhoria com as dificuldades a eliminar .....	74
Tabela 4.35 Lista de peças propostas para investimento .....	80
Tabela 4.36 Apresentação do Ganho Financeiro anual referente à aquisição de peças .....	81
Tabela 4.37 Apresentação do Ganho Financeiro mensal referente à aquisição de peças .....	81
Tabela 4.38 Número de Lotes embalados para cada dimensão e número de falhas associadas.....	84
Tabela 4.39 Dados das dimensões de cartonagens .....	85
Tabela 4.40 Proposta de alteração de dimensões de cartonagem.....	86
Tabela 4.41 Matriz de mudança entre cartonagens segundo nova proposta .....	86
Tabela 4.42 Dados de Setups referentes a 2017 .....	91
Tabela 4.43 Dados de Setups referentes ao 1º trimestre de 2018.....	91
Tabela 4.44 Principais problemas em Setup no 1º trimestre de 2018 .....	92
Tabela 4.45 Resultados e Objetivos .....	94



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento e objetivos

Hoje em dia estamos na presença de um mercado global criado pela evolução dos meios de transporte e de comunicação. Nos dias que correm, os clientes exigem uma ampla gama de produtos entregues com alta qualidade, com tempos de resposta mais rápidos e vendidos a preços razoáveis. A importância dos tempos de mudança de produto tornou-se crítica para responder rapidamente às mudanças nos requisitos dos clientes (Sullivan, McDonald, & Van Aken, 2002) e para poder alternar entre produtos, colocando a empresa diante de outros concorrentes (Wallace e Choi, 2011). Os benefícios da redução dos tempos de setup são o aumento da flexibilidade, realizando mais trocas e reduzindo o tamanho do lote a fim de maximizar a disponibilidade da linha e minimizar os custos (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002).

O Lean Thinking oferece as ferramentas adequadas para reduzir o desperdício dentro e entre os diferentes processos, podendo aumentar o valor do produto (Karam, Liviu, Cristina, & Radu, 2018) Esta ideia foi iniciada no período do pós-guerra por Taiichi Ohno e seus pares e inicialmente aplicada na Toyota. Hoje em dia é visto com grande interesse por qualquer campo devido aos excelentes resultados demonstrados na Toyota (Jeffrey K. Liker, 2006). O Lean thinking visa, dentro de um ciclo de melhoria contínua, otimizar recursos e processos reduzindo todas as atividades que não adicionam valor ou não são fundamentais para atingir esse objetivo. Este conceito utiliza como ferramentas várias metodologias que foram desenvolvidas ao longo dos anos e tornam esse objetivo tangível, exemplos dessas metodologias são Total Productive Maintenance, SMED ou 6-sigma (Rauch, Damian, Holzner, & Matt, 2016).

A necessidade de reduzir os desperdícios é vista com maior importância em linhas de produção com uma ampla variedade de produtos (B. S. Kumar & Abuthakeer, 2013) e as indústrias de genéricos não são exceção. Neste trabalho é apresentado um exemplo realizado na indústria farmacêutica numa empresa líder nacional na produção de medicamentos genéricos. Esta aplicação de metodologias Lean tem como objetivo reduzir o tempo de setup. Nesta análise, é proposto um modelo de implementação que, estruturado num ciclo PDCA, aplica diversas metodologias Lean para identificar causas e definir as melhores práticas para reduzir tempos de setup.

Um setup de uma linha de embalagem pertencente ao setor farmacêutico tem características únicas comparativamente com uma mudança de uma linha de montagem tradicional (Bevilacqua, Ciarapica, Mazzuto, & Paciarotti, 2013). Posto isto, este trabalho, procura responder as perguntas, que cuidados devem ser tomados neste setor? Como identificar o desperdício? Que metodologias Lean são adequadas? Como combater o desperdício encontrado? Mostrando sistematicamente um exemplo de um caso de estudo.

## 1.2. Metodologia

O primeiro passo de uma aplicação Lean é a criação de uma visão, compreender o conceito de valor e conseguir identificar os desperdícios. É importante conhecer as ferramentas e técnicas Lean para aplicar a que mais se adequa a cada problema.

O exemplo apresentado teve como objetivo a apresentação da aplicação das metodologias Lean numa organização. Esta aplicação visa reduzir os tempos de mudança entre produtos numa das

linhas do departamento de embalagem com o objetivo de diminuir os tempos de paragem de máquina. Com o objetivo em mira, é proposto um modelo de aplicação com base nas metodologias e ferramentas Lean apresentadas com o intuito de auxiliar a implementação de um projeto de melhoria no âmbito de redução de tempos de mudança. Esta proposta estrutura-se num ciclo no ciclo PDCA e divide-se em 4 pontos, 1 - Analisar, 2 - Interpretar e Planear, 3 - Criar e 4 - Verificar.

Esta proposta é posta em prática sendo iniciada com a reunião de todos os aspetos da implementação e recolha de dados através do acompanhamento de mudanças, análise de tarefas efetuadas e modo operatório executado na linha B. O acompanhamento examinou todos os processos como montagem e desmontagem, higienização de componentes e afinações de máquina.

Mediante as observações foram identificadas as causas dos tempos elevados e apresentadas propostas de solução para os problemas indicados. Os resultados das aplicações são apresentados na finalização do estudo.

### 1.3. Estrutura da Tese

Esta dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos. No primeiro capítulo Introdução, apresenta-se o enquadramento, objetivos, metodologia usada e estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é apresentado o pensamento Lean. Neste capítulo são descritas as origens desta filosofia, são abordados os seus fundamentos e apresentadas as ferramentas.

No terceiro capítulo é apresentado o modelo de aplicação que, estruturado num ciclo PDCA, aplica várias metodologias Lean com o intuito de identificar causas e definir as melhores práticas de redução dos tempos de mudança. Esta implementação visa expor detalhadamente todos os passos de uma análise de redução de tempos setup com o objetivo de aumentar a disponibilidade da máquina e a flexibilidade de produção de modo a responder mais eficientemente à procura.

No quarto capítulo é feita a apresentação da empresa em que foi aplicado o estudo assim como a descrição da linha do departamento de embalagem onde o estudo foi posto em prática e é narrado a aplicação do modelo e resultados obtidos com a aplicação. Neste capítulo é apresentado um exemplo da aplicação de metodologias Lean realizado numa empresa da indústria farmacêutica, líder na produção de medicamentos genéricos. Dentro de esta empresa, foi aplicada uma análise de redução dos tempos de mudança entre produtos numa das 5 linhas de produção do departamento de embalagem.

No quinto capítulo Conclusão e Trabalhos Futuros são apresentados os trabalhos futuros e são reunidas as considerações finais.

## 2. Pensamento Lean

A apresentação do conceito Lean Thinking tem como responsável a International Motor Vehicle Program (IMVP), um programa de investigação do MIT que analisa o setor automóvel e que teve como investigadores nomes como James Womack e John Krafcik (Grabau, 2015).

A designação de Lean Thinking (“pensamento magro”) foi cunhada em 1988 por John Krafcik num artigo da International Motor Vehicle Program designado por “Triumph of the Lean Production System” (Krafcik, 1988). Este conceito, foi apresentado, anos mais tarde, em duas obras de James Womack e Daniel Jones em 1990 e 1996, com o nome “The Machine That Change the World” e “Lean Thinking” como conceito de liderança e gestão empresarial.

A evolução do Toyota Production System foi acompanhada por enormes mudanças económicas e sociais, levando ao alargamento do âmbito da filosofia além dos processos de fabrico. Womack e outros investigadores, após vários anos a estudar o sucesso das empresas nipónicas, apresentaram o conceito Lean Thinking para se referirem à evolução do TPS (Toyota Production System).

Desde a publicação da obra “Lean Thinking” em 1996, até à atualidade, esta filosofia entrou em setores de atividade nunca antes imagináveis. Desde então, o termo é mundialmente aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e criação de valor utilizando como ferramentas, diversas metodologias que apareceram ao longo dos anos e tratando-se de um dos mais bem-sucedidos paradigmas de gestão empresarial.

Este pensamento é descrito como “magro” porque fornece uma maneira de fazer cada vez mais com menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço, aproximando-se cada vez mais de fornecer aos clientes exatamente o que desejam. Esta filosofia também fornece uma maneira de tornar o trabalho mais satisfatório, fornecendo feedback imediato sobre os esforços para converter o “muda” em valor (J. P. Pinto, 2014).

É importante compreender que o Lean thinking não é apenas um conjunto de práticas que usualmente se encontram na zona de produção ou local de trabalho (gemba). Tal como é descrito no ponto Toyota Production System – A Origem, a visão de Taiichi Ohno levou a uma mudança cultural profunda na maneira como as pessoas e a organização pensam e se comportam, criando mudanças nos modos operatórios e alterando a relação com colaboradores clientes e fornecedores tendo com bases fundamentais Pessoas, Processos e Soluções (Figura 2.1). Este acreditar na mudança leva a aplicação correta das práticas lean thinking e sustenta a dinâmica e o processo de melhoria continua (J. P. Pinto, 2014).

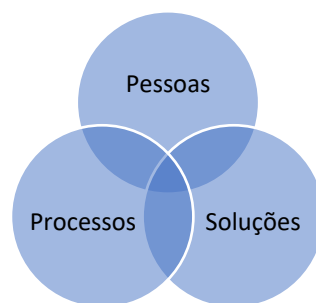


Figura 2.1 Três Bases Fundamentais da Metodologia Lean fonte:(J. P. Pinto, 2014, p.297)

## 2.1. Toyota Production System – A Origem

A filosofia do “pensamento magro” tem as suas raízes no Toyota Production System criado por Taiichi Ohno a partir da década de 1940 e inicialmente aplicado no setor da indústria automóvel.

Depois da segunda guerra mundial, a Toyota estava determinada a produzir automóveis em grande escala, mas deparava-se com sérios problemas. O mercado era pequeno e a havia um vasto leque de gamas na procura de veículos, a economia japonesa estava devastada pela guerra o que representava que o investimento em tecnologia não fosse prioridade e se tornasse quase impossível. O mundo exterior, pleno de produtores de veículos, ansiavam estabelecer-se no Japão e estavam prontos a defender os seus mercados contra as exportações japonesas o que levou o governo nipónico a proibir investimento estrangeiro na indústria automóvel.

Em 1950, a Toyota Motor Company tinha produzido 2658 carros em 13 anos enquanto a Ford produzia 7000 por dia, mas esta realidade estava prestes a mudar nos anos seguintes. Em Nagoya, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno concluíram que a produção em massa não iria funcionar no Japão devido à conjuntura do país vendo-se obrigados a seguir uma estratégia diferente. A partir de este ponto nasce o que hoje é chamado a Toyota Production System e mais tarde a produção Lean (Womack, 1990).

Devido à sua pequena produção Ohno, decidiu contrariar os costumes praticados pelos os outros fabricantes de automóveis e pôr em prática as suas próprias ideias. Um dos exemplos foi a criação de mecanismos fáceis de ajuste que permitiu contrair os períodos de troca dos moldes de estampagem de dois a três meses para apenas duas ou três horas e diminuir os tempos de setup de um dia para 3 minutos. Outro exemplo, foi a redução dos lotes antes da fase de montagem permitindo a deteção de erros, quase automática. Estes dois exemplos permitiram uma grande redução de custos principalmente ao eliminar custos de armazenamento. As implementações de Ohno não apenas alteraram os processos, mas a relação com a força laboral, cliente e fornecedores.

### 2.1.1. Força Laboral

A filosofia Lean não apenas se dedica à produção, mas a relação com os trabalhadores. No final da década de 1940, devido aos problemas macroeconómicos que o país enfrentava, a empresa viu-se obrigada a despedir um quarto dos trabalhadores, o que desagradou a força laboral e os seus sindicatos. A Toyota, para negociar estes despedimentos, ofereceu empregabilidade efetiva e pagamento pelo número de anos na empresa em vez de por cargo. Com isto, Ohno apercebeu-se que os recursos humanos passaram a ser um custo fixo assim como as máquinas, no entanto, conseguia tirar o máximo proveito à medida que os anos iam passando com o aumento da experiência e conhecimento dos seus colaboradores.

O sucesso da visão de Ohno sobre a montagem final mostrou como a nova abordagem lucrou bastante à Toyota, em comparação com mentalidade da Ford em que os trabalhadores seguiam as ordens dos engenheiros industriais cumprindo uma ou duas tarefas simples.

Ohno depois de visitar varias vezes Detroit concluiu que o sistema todo estava cheio de “Muda”. Para ele, nenhum especialista para além dos trabalhadores na linha de montagem adicionava valor aos automóveis e que provavelmente estes, poderiam desenvolver muitas das funções dos especialistas e bastante melhor devido a sua ligação direta às condições da linha.

O primeiro passo na sua experiência foi agrupar os trabalhadores em equipas com um líder em que era atribuído uma parte da linha de produção e era pedido para trabalhar em conjunto na melhor maneira de desenvolver as operações necessárias. O líder tinha a função de fazer a montagem, coordenar e substituir as pessoas ausentes. Depois de formalizado estas práticas, deu a função de limpeza, pequenas reparações e controlo de qualidade e quando os operadores já detinham um vasto conhecimento sobre todos estes métodos eram incentivados a oferecer sugestões de melhoria e otimização de processos. Mais tarde este procedimento foi introduzido por Kaoru Ishikawa e chamado de círculos de qualidade (Blaga & Jozsef, 2014).

### 2.1.2. Processos Lean

A visão lean de Ohno alterou bastante os processos produtivos em prol da redução de qualquer tipo de desperdício. Para além dos exemplos dados, como as alterações dos processos produtivos reduzindo tempos, também foram alterados os processos para reduzir defeitos.

Qualquer trabalhador pode facilmente pensar que pode ser disciplinado pela paragem da linha de produção ao criar um erro e que é mais fácil não indicar sendo este descoberto apenas no final da linha de produção. O problema inicial é que uma vez que um defeito é instalado num processo complexo, apenas será descoberto no final da linha de produção e serão necessárias uma quantidade enorme de retificações para corrigir o problema (Womack, 1990).

Por esta razão, Ohno instalou uma corda em cada estação de trabalho para que qualquer trabalhador pudesse parar o processo de montagem assim que um problema fosse encontrado, sempre que isto acontecesse, a equipa toda reunia-se e tentava resolver o problema e fazer com que não se repetisse. Esta aplicação levou ao nascimento processo 5w's "5 porquês" em que os trabalhadores eram ensinados perseguir as causas das ocorrências dos erros e eliminar, esta ferramenta hoje em dia é designada 5W2H (Card, 2017).

No início, a linha de montagem era parada com muita frequência o que desencorajava os trabalhadores, no entanto com o ganho de experiência das equipas, o número de erros começou a diminuir drasticamente e hoje em dia a Toyota apresenta veículos com os mais baixos números de defeitos.

### 2.1.3. Cadeia de Fornecimento

No processo produtivo da indústria automóvel, a montagem dos componentes correspondia apenas 15% do processo de manufatura total, a maior parte do processo envolve a engenharia e fabrico de mais de 10 mil elementos e montagem de mais de 100 componentes. A coordenação dos processos e garantia que tudo sai bem é um grande desafio para o fabricante final (Womack, 1990).

Em muitos casos estas empresas têm de decidir entre comprar ou fabricar e a grande questão impõe-se no trabalho em sintonia entre o fabricante e fornecedores para a redução de custos e aumento da qualidade. Muitas empresas desenham mais de 10000 peças dos veículos e dão os desenhos aos seus fornecedores expressando um número máximo de defeitos e optam pela empresa com o menor custo. Os fornecedores competem entre si para fornecer as partes o que faz com que a informação seja bloqueada entre estes em prol da competitividade. Outro problema, depara-se com a falta de conhecimento que os fabricantes têm dos seus fornecedores e que a única maneira para garantir a qualidade é estabelecer um número mínimo de defeitos. A coordenação para os fornecedores entre as vastas e distintas encomendas do mercado faz com que estas criem grandes quantidades de stocks de peças acabadas antes de mudar de

encomenda para não prejudicar fabricante resultando apenas na identificação de peças defeituosas mais tarde na montagem.

A Toyota para contrariar este problema estabeleceu uma nova abordagem no fornecimento de componentes. O primeiro passo foi organizar os fornecedores em níveis funcionais independentemente da relação legal ou formal entre estes. A cada um de estes níveis era delegada uma responsabilidade diferente, os fornecedores do primeiro nível eram responsáveis pelo desenvolvimento de um determinado produto, por exemplo, a Toyota pedia que desenvolvessem um sistema elétrico, de travagem e de direção que funcionasse em sintonia. A marca não especificava os desenhos nem o material apenas o espaço em que devia caber, como deviam atuar, por exemplo num sistema de travagem teriam de travar um carro a 100 km/hora em 10 metros, e o preço por unidade. Caso o protótipo funcionasse, estes recebiam a encomenda do produto. A Toyota incentivava aos fornecedores do primeiro nível a partilharem informação de como melhorar o produto uma vez que não competiam entre si, o que tornava a partilha benéfico para todos. Os fornecedores do segundo nível eram responsáveis pelo fabrico de cada parte dos componentes e por estes terem um objetivo diferente, também era incentivada a partilhar informação. A marca atuava como banco para os seus fornecedores providenciando empréstimos para a maquinaria no desenvolvimento de novos produtos e incentivava aos fornecedores a trabalharem para outras marcas pois obtinham margens de lucro maiores (Womack, 1990).

Ohno também desenvolveu um novo método de coordenar o escoamento de stocks de dia para dia, o famoso “Just in Time”, chamado “Kanban” na Toyota. Esta ideia simples teve um grande problema no seu incremento porque eliminava praticamente todos os stocks o que correspondia a que se houvesse uma falha, todo o sistema teria de parar. Na perspetiva de Ohno, era precisamente esta a ideia, remover todos as redes de proteção e focar todos os membros do vasto processo de produção em antecipar os problemas antes de serem graves o suficiente para parar a produção toda. (Womack, 1990)

#### 2.1.4. Relação com o cliente

O pensamento Lean da Toyota chegou inclusive à relação com o cliente. As relações entre os concessionários e o cliente eram distantes e normalmente as fábricas forçavam os vendedores para escoar a produção. A relação entre os concessionários e os clientes eram estreitas pois os vendedores alteravam os preços constantemente para ajustar a procura à oferta otimizando os lucros. Este ato, conseqüentemente aumenta o sentimento de desconfiança por parte dos clientes.

Como solução a este problema, a Toyota foi construindo gradualmente uma rede semelhante à rede de fornecimento, um sistema que tinha uma relação muito diferente com o cliente. A ideia era desenvolver uma relação de longo termo entre o fabricante, vendedor e cliente, ao incrementar o vendedor nos sistemas de produção e o cliente no processo de desenvolvimento. O vendedor passou a ser parte do sistema de produção enquanto que a Toyota parava gradualmente de construir automóveis por antecipação e se convertia numa construção por encomenda onde o vendedor era o primeiro passo no sistema de Kanban, entregando o produto ao cliente no espaço entre duas a três semanas. Este tipo de encomendas era permitido pois os vendedores iam diretamente ao encontro dos clientes casa-a-casa, sempre que a procura diminuía, estes trabalhavam mais horas e quando a procura alterava o rumo, estes concentravam-se nos clientes em que já tinham o conhecimento do tipo de produto que desejavam e que a fabrica poderia oferecer. As preferências dos clientes eram armazenadas de maneira a que gradualmente a Toyota contruísse de acordo com os seus interesses.

Assim como representado na Figura 2.2, foram necessários mais de 20 anos de esforços para ser totalmente implementado todo este conjunto de ideias dentro de toda a cadeia de fornecimento da Toyota.

Com a avançada tecnologia que ia sendo incorporada nos carros, quando havia uma avaria já não era simples de arranjar como acontecia com os antigos Modelo T da Ford. Nesta altura, os consumidores começaram a relatar que a componente mais importante nos veículos era a sua fiabilidade pois os veículos tinham de ligar todas as manhãs e nunca deixar o seu dono “pendurado”. Como a Toyota oferecia uma fiabilidade superior, a marca concluiu que não era necessário equiparar os preços às outras marcas. Para além disso, a flexibilidade de produção e facilidade para reduzir custos permitiu à marca fornecer uma variedade de produtos que os consumidores desejavam apenas com uma pequena superioridade de preços. Por volta dos anos 90, a Toyota já oferecia uma gama de produtos tão vasta como a General Motors e como produtor Lean apenas necessitava metade do tempo e esforço para desenhar um novo automóvel comparativamente com outras marcas. Como isto, as empresas japonesas começaram também a entrar em nichos de mercado atacando a Ferrari e a Austin Martin, algo que até à data nenhuma construtora de produção em massa tinha conseguido, um bom exemplo foi o Honda NS-X (Womack, 1990).

A validade dos princípios e das soluções Lean é corroborada pelo sucesso de empresas como a Toyota Motors Corporations que 2007 alcançou o patamar de topo na indústria automóvel ao destronar da primeira posição a General Motors, classificada, desde 1930 como a maior empresa do setor. Hoje em dia é o terceiro maior construtor automóvel apenas atrás da Renault-Nissan e Volkswagen (Forbes, 2017) (dados relativos a Julho de 2017 fornecido pela revista forbes).

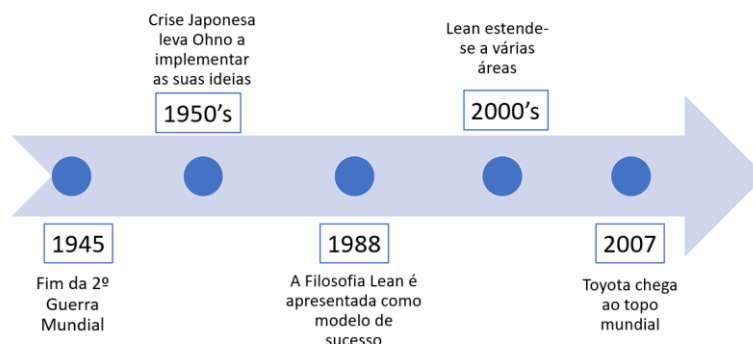


Figura 2.2 Cronologia da Evolução da Filosofia Lean

A Toyota, o principal exemplo Lean do mundo, o seu sucesso dominante em tudo, desde vendas crescentes e partes de mercado em todo mercado global, para não mencionar uma liderança clara na tecnologia híbrida, é a prova mais forte do poder da empresa Lean.

Este sucesso contínuo nas últimas duas décadas criou uma enorme procura por um maior conhecimento sobre o Lean Thinking. À medida que o pensamento Lean continua a se dispersar-se para todos os países do mundo, os líderes das organizações também estão a adaptar as ferramentas e princípios em áreas tão diversas como a logística e distribuição, serviços, saúde, construção, manutenção e até mesmo órgãos governamentais.

## 2.2. Lean nos dias que correm

Hoje em dia, graças aos resultados demonstrados na indústria, várias áreas de distintos setores começaram a empregar este conceito de gestão. Este capítulo aborda alguns exemplos de sucesso de aplicação Lean em distintas áreas.

### 2.2.1. Serviços de Saúde

Os primeiros passos do Lean nos serviços de saúde foram dados no hospital Virginia Mason Medical Center (Tay, 2016), um hospital de cuidados intensivos em Seattle relatados por Weber, D em 2006 no seu livro “Toyota-style management drives Virginia Mason”. Neste exemplo foram usadas ferramentas com 5S, value stream mapping (VSM) Everyday Lean e Kanban para aumentar a qualidade e fluxo reduzindo a distância percorrida pelos colaboradores, inventário e lead time.

Sobre esta a aplicação Lean no setor da Saúde, são inúmeros os artigos que aparecem de aplicações Lean em diferentes hospitais pelo mundo. Um caso exemplar é o caso do Instituto de Oncologia em São José do Campo no Brasil apresentado em 2013 por Carlos Frederico Pinto et al. que foi possível reduzir tempos de espera, aumentar a eficiência, reduzir horas de trabalho e aumentar a capacidade de processo (C. F. Pinto, Coelho, Calado, & Silva, 2013).

Segundo João Paulo Pinto no livro “Pensamento Lean”, em Portugal também são dados alguns passos como no caso do Hospital São João no Porto (J. P. Pinto, 2014).

### 2.2.2. Construção Civil Lean Construction (LC)

A Lean Construction foi introduzida como uma nova abordagem de gestão para o setor de construção por Koskela e Howell em 2002. O objetivo da adaptação deste conceito não é ser apenas benéfica para os clientes, mas também para as comunidades e o próprio meio-ambiente. Segundo Marhani et al. se uma empresa implementar com sucesso o conceito de LC, poderá obter vantagens de custos significativas, eliminando atividades de fluxo que consomem custos e tornar as organizações muito competitivas em termos orçamentais (Marhani, Jaapar, & Bari, 2012).

É possível encontrar vários estudos em diferentes países da aplicação Lean na construção civil, exemplos mais recentes de países encontrados são a Malásia, Emirados Árabes Unidos ou Egito que olham para países exemplo como o caso da Austrália, Dinamarca, Peru, Singapura, Reino Unido, Estados Unidos e Venezuela em que já é uma prática com sucesso a aplicação da gestão Lean neste setor. Um bom exemplo encontrado foi um caso de estudo na Polónia em 2016 que mediante a gestão Lean foi possível criar mais espaço de armazenamento, melhor acesso às ferramentas e redução de custos de transporte e descarga (Nowotarski, Pasławski, & Matyja, 2016).

### 2.2.3. Setor Logística

Ainda que a utilização das Metodologias Lean nas operações de transporte seja por enquanto limitada, a sua aplicação começou a ser mais amplamente explorada neste setor.

Em junho de 2017 por Jose Arturo Garza-Reyes et al. que aborda a melhoria das operações de transporte rodoviário de um fabricante líder mundial de soluções de embalagens à base de papel que operam em Bogotá, Colômbia.

Neste estudo, os autores, mediante observações diretas das operações de transporte, recolha e análise de dados, criação de um Mapa de fluxo de valor de transporte (TVSM), medição da Eficácia Geral do Transporte de Veículos (TOVE) e propostas de recomendações de melhoria,

identificaram seis desperdícios: espera, utilização de recursos, excesso de movimento, sobreprodução, sobre processamento e resposta.

Com a aplicação do Lean thinking no impulsionamento de melhorias nas operações de transporte rodoviário, os resultados no estudo apresentaram uma redução de 27% no número de rotas de distribuição, enquanto a distância percorrida também foi reduzida em 32%. Melhorias semelhantes na redução do número de rotas, distância percorrida, tempo de serviço excessivo, procura não satisfeita e emissão de gases nocivos, bem como aumentos na Eficácia Geral do Veículo do Transporte (TOVE), número médio de clientes atendidos por rota e utilização da capacidade do veículo também foram relatados (Garza-Reyes et al., 2017).

#### 2.2.4. Setor público (Lean Government)

Lean-government pode ser visto como um conjunto de ferramentas, uma abordagem para reduzir custos e melhorar os serviços, um sistema e uma filosofia baseada num governo menor que utiliza as capacidades existentes na sociedade para alcançar os valores públicos. A premissa subjacente é que os problemas sociais só podem ser resolvidos em colaboração com a sociedade.

Em 2012 os autores Marijn Janssen e Elsa Estevez apresentaram um estudo sobre Lean Government que consiste em ter um governo menor e fazer uso das capacidades, inteligência e recursos públicos. Desta forma, permite que a sociedade tenha um governo menor que seja mais capaz de resolver problemas sociais. O governo tem de ter capacidade para orquestrar e gerenciar uma rede, reunir as partes certas e gerenciar as soluções de problemas. As plataformas constituem um componente estratégico chave para os governos, uma vez que fornecem uma maneira de controlar a interface com o público. Embora, até recentemente não fossem reconhecidos meios para envolver os cidadãos, estes estão a tornar-se numa importante estratégia para os governos se conectarem a vários grupos e integrar utilizadores, informações e serviços com outras entidades sociais. Um fator crítico é tornar as plataformas governamentais atraentes o suficiente para que os utilizadores se juntem e as conservem (Janssen & Estevez, 2013).

#### 2.2.5. Setor Hoteleiro

Segundo os autores italianos Erwin Rauch et al. no artigo apresentado sobre Lean Hospitality, as empresas de turismo enfrentam também o desafio de reduzir significativamente seus custos no futuro e estruturar processos internos de forma mais eficiente. Existem vários artigos que expõe experiências práticas da aplicação de métodos Lean Management no setor hoteleiro, sobre sua adequação e o possível potencial de otimização (Rauch et al., 2016).

Em 2013, na Grécia, os autores Ilias Vlachos e Aleksandra Bogdanovic avaliaram as práticas Lean na gestão de desperdícios usando uma amostra de pequenos e médios hotéis em 19 países europeus. Foram avaliados sete mapas de fluxos de valores: mapa de atividade de processo, matriz de resposta de cadeia de suplementos, funil de produção, mapa de filtros de qualidade, mapa de amplificação de procura, análise de pontos de decisão e estrutura física com referência e reserva e sistemas de aquisição de hotéis. Nesta análise, foram identificados hotéis em diferentes países que ao aplicarem as mesmas técnicas de mapeamento de valor, obtiveram resultados semelhantes nas operações hoteleiras. Os autores sugerem que toda técnica de mapeamento de fluxo de valor possa ter um alto impacto na deteção e eliminação de desperdício tanto a montante como a jusante da cadeia de valor (Vlachos & Bogdanovic, 2013).

## 2.3. Princípios Lean

Em 1996, no livro *Lean Thinking* de James P. Womack e Daniel T. Jones, os autores relatam que após interações com muitas audiências e reflexão considerável, concluíram que o pensamento Lean pode ser resumido em cinco princípios: especificar precisamente o valor para o produto específico, identificar o fluxo de valor para cada produto, fazer com que o valor flua sem interrupções, deixar o cliente puxar o valor do produtor e rumar à perfeição (Womack & Jones, 1996).

Por o pensamento Lean ser um pouco difícil de entender no primeiro encontro é muito útil examinar a aplicação real dos cinco princípios Lean em organizações reais. O primeiro passo é com o valor definido pelo cliente.

### 2.3.1. Valor

O pensamento Lean é iniciado com uma definição precisa do valor em termos de produtos, com capacidades e a preços específicos através da perspectiva do cliente. O método de alcançar esta definição inicia-se ignorando ativos e tecnologias existentes e repensando em empresas e produtos, exigindo também redefinir o papel dos especialistas técnicos e repensar exatamente onde criar valor. Contudo, nenhum gestor pode realmente implementar todas essas mudanças de forma instantânea, mas é essencial formar uma visão clara do que é realmente necessário. Caso contrário, a definição de valor é quase certa que seja desviada. Em resumo, especificando o valor com precisão é o primeiro passo crítico no pensamento lean. Fornecer um bem ou serviço errado de forma certa é um “muda” (Womack, 1990).

James P. Womack e Daniel T. Jones em “*Lean Thinking*” relatam que nas suas viagens para a Alemanha e Japão encontraram definições diferentes de valor. O valor é criado pelos produtores, no entanto, notaram que para as empresas alemãs, a definição de valor era ditada pelos engenheiros com designs com maior complexidade. No Japão, o valor era definido por quem o criava, as necessidades imediatas de funcionários e fornecedores prevaleciam sobre as necessidades do cliente (Womack & Jones, 1996).

Algumas empresas promovem agressivamente esta definição de valor como o caso das companhias aéreas em que começam o pensamento com recursos extraordinariamente dispendiosos sob a forma de grandes aeronaves, o conhecimento de engenharia, ferramentas e instalações de produção para fazer aeronaves maiores e complexos de aeroportos. O resultado de este tipo de pensamento resulta em pouca comodidade para os passageiros, pouco lucro para os construtores de aeronaves e uma gestão financeira difícil para as companhias aéreas (J. P. Pinto, 2014).

O ponto de partida crítico para o pensamento Lean é o valor. O valor só pode ser definido pelo cliente final e é apenas significativo quando expresso em termos de um produto que atende às necessidades do cliente a um preço específico num momento específico. De uma maneira geral, a definição apropriada de um produto muda assim que se começar a ser visto pela perspectiva do consumidor.

A tarefa mais importante na especificação de valor, uma vez que o produto é definido, é determinar um custo-alvo com base na quantidade de recursos e esforços necessários para produzir um produto de determinada especificação e capacidade de processo específicas caso todos os “muda” visíveis tenham sido removidos do processo.

### 2.3.2. Identificar a Cadeia de Valor

Identificar toda a cadeia de valor para cada produto ou para cada família de produtos é o passo seguinte no pensamento magro, um passo que quase sempre expõe enormes quantidades de “muda” (Womack, 1990).

Em 1993, Moden, identificou as ações em 3 grupos, value adding (VA), necessary but non-value adding (NNVA) e non value adding (NVA) (Seth & Gupta, 2005) e que normalmente são referenciadas na identificação da uma cadeia de valor. Os 3 grupos são:

- VA - Ações que criam valor como por exemplo soldar os tubos de um quadro de bicicleta ou transportar um passageiro
- NNVA - Ações que não criam nenhum valor, mas são inevitáveis, como por exemplo, inspecionar soldaduras para garantir a qualidade (chamados “muda” tipo um).
- NVA - E muitas ações não criam valor nenhum e podem ser imediatamente evitáveis (“muda” tipo dois)

Assim como as atividades que não podem ser medidas, não podem ser gerenciadas adequadamente, as atividades necessárias para criar, ordenar e produzir um produto específico, e que não podem ser identificadas e analisadas de forma precisa não podem ser desafiadas, melhoradas e eventualmente, aperfeiçoadas caso não sejam totalmente eliminadas.

É muito importante ter uma visão geral de todo o conjunto na criação de valor desde a venda até a entrada de matérias-primas atuando em todas as partes envolvidas na criação de um fluxo de valor, destruindo todos os “muda”. No caso em que as empresas dependem de outsourcing, é necessário criar uma aliança de todas as partes interessadas para supervisionar a cadeia de valor, examinando todos os passos de criação de valor.

No livro “Lean Thinking” de James P. Womack, o autor dá um exemplo da cadeia de supermercados Inglês Tesco que quis diminuir os custos e melhorar a fiabilidade de 85% do fluxo de valor que não controla diretamente, para tal, as empresas a montante tiveram de repensar coletivamente nos seus métodos operacionais, e deste modo a Tesco e Lean Enterprise Research Center uniram forças. No entanto, simplesmente reduzindo o tempo e a despesa de desenvolvimento, não era suficiente para ter muito efeito nesse fluxo de valor. É importante também entender o desejo dos clientes, foi neste âmbito que a Tesco começou a repensar o processo de desenvolvimento do produto num nível mais fundamental em termos de valor e criou um sistema de recolha de dados nas compras dos clientes para permitir um desenvolvimento de produtos mais coerente com a cadeia de valor.

Um conselho dado pelos autores do livro Lean Thinking para as empresas Lean é simplesmente para não se preocuparem com os seus concorrentes pois competir contra a perfeição identificando todas as atividades que são “muda” e eliminando-as será muito mais benéfico (Womack & Jones, 1996).

### 2.3.3. Otimizar o Fluxo

Uma vez que o valor foi precisamente especificado, o fluxo de valor totalmente mapeado e, obviamente, os desperdícios eliminados, é necessário fazer os passos criadores de valor fluírem.

Para obter melhores resultados é importante concentrar no produto e nas suas necessidades, em vez de se concentrar na organização ou no equipamento, de modo que todas as atividades necessárias para projetar, encomendar e fornecer um produto ocorram em fluxo contínuo (Womack, 1990).

Após a Segunda Guerra Mundial, Taiichi Ohno e seus colaboradores técnicos, incluindo Shigeo Shingo, concluíram que o verdadeiro desafio era criar fluxo contínuo na produção, de pequenos lotes quando dezenas ou centenas de cópias de um produto eram necessárias. Ohno e os seus pares lograram um fluxo contínuo aprendendo a mudar rapidamente as ferramentas de um produto para o outro e dimensionando corretamente máquinas para que as etapas de processo de diferentes tipos fossem conduzidas sequencialmente num fluxo contínuo.

Para lograr este objetivo, uma vez que o valor está definido e a cadeia de valor identificada é importante focar no objetivo em concreto, ignorar os limites tradicionais de empregos, carreiras, funções, departamentos removendo todos os impedimentos para o fluxo contínuo e repensando em práticas comuns de trabalho para eliminar o desperdício como paragens de modo a que produção corra continuamente (Womack & Jones, 1996).

Uma metodologia de tomada de decisão usada nas organizações é Quality Function Deployment (QFD), que permite em criar equipas de produtos dedicadas para realizar especificações de valor, design geral, compras, ferramentas e planeamento de produção num curto período de tempo. O resultado, será reduzir o tempo e o esforço de desenvolvimento em mais de metade necessário, enquanto que é obtido uma taxa de sucesso superior comparativamente à visão que se concentra apenas nas necessidades dos clientes.

Numa gestão Lean, o programa de produção de vendas e a produção são os principais membros da equipa do produto, com o objetivo de planear a campanha de vendas à medida que o projeto do produto está a ser desenvolvido e de vender com uma visão clara das capacidades do sistema de produção para que ambas ordens e o produto possam fluir suavemente desde a produção até à entrega. A transparência facilita a produção alertando a equipa inteira imediatamente para a necessidade de pedidos adicionais ou para a necessidade da remoção de desperdício na eventualidade do takt time seja reduzido para dar capacidade para aumentos nas ordens. A conscientização sobre a forte conexão entre vendas e produção elimina erros dos sistemas tradicionais de venda e pedidos, como o recurso a sistemas de bónus na motivação da força de vendas que trabalham sem conhecimento real ou preocupação com as capacidades do sistema de produção (Womack & Jones, 1996).

O Just-in-Time, foi projetada para lidar com muitos desses problemas, esta técnica foi planeada como um método para suavizar o fluxo, no entanto, só se pode obter frutos eficazmente se as mudanças de máquina forem dramaticamente cortadas para dar a produção uma maior flexibilidade. Para que isto seja possível, é necessário resolver problemas de produção e implementar melhorias no processo usando técnicas como o chamado poka-yoke, total Productive Maintenance (TPM) ou Single Minute Exchange of Die (SMED) e eliminando a paralisações no processo de produção.

#### 2.3.4. Pull

No entanto, se uma organização usa técnicas simples apenas para que os bens indesejados fluam mais rápido, nada mais do que Muda resulta. Para poder compreender se se está a produzir o que os clientes realmente querem quando realmente as querem é necessário recorrer ao princípio Pull.

O sistema “Pull” significa que ninguém a montante deve produzir um bem ou um serviço até que o cliente a jusante o solicite. O primeiro efeito visível da conversão de departamentos e lotes para equipas de produtos e fluxo contínuo é que o tempo que é necessário para passar do conceito para lançamento, da venda para entrega e matéria-prima para o cliente cai

drasticamente, regendo-se por um conceito de “Não fazer nada até que seja necessário e então fazer muito rapidamente”.

Esta regra, na prática é bastante complexa. Quando o fluxo é introduzido, os produtos que exigem anos para projetar são feitos em meses, as ordens que levam dias para serem processados são concluídas em horas, e as semanas ou meses de tempo de produção para a produção física convencional são reduzidos em minutos ou dias.

A Toyota percebeu que, se os revendedores encomendassem todas as peças diariamente para substituir o número exato vendido naquele dia, os stocks de peças poderiam ser reduzidos drasticamente. À medida que os revendedores reduziram o stock médio de cada número de peça, poderiam aumentar o número de partes em mão. Em vez, de terem centenas das partes mais frequentemente solicitadas e nenhuma das com menos solicitações, os concessionários poderiam ter um pequeno número de cada parte numa área muito larga. Desta forma, seriam mais propensos a ter um baixo volume de itens como um para-choque para um veículo mais antigo quando um cliente necessitasse e puder aumentar a qualidade do serviço prestado.

A redução de stocks fez com que as encomendas passassem a ser feitas diariamente. A Toyota quando começou a aplicar este sistema enviava peças dos seus onze pontos de distribuição no Japão para os concessionários em cada uma das onze regiões de vendas todas as noites, os custos adicionais de transporte eram compensados pela simplificação do processo de recolha, economia nos custos de stocks e a eliminação de taxas de entrega express. Além disso, a consistência do dia-a-dia nas ordens, sem ondas repentinas, permitiria a consolidação de algumas rotas de transporte. Também nas fábricas houve alterações, conforme isto foi feito, as partes mais frequentemente exigidas foram movidas mais próximas do início das operações de triagem e colheita e o comprimento dos corredores foi reduzido acentuadamente.

A capacidade de reabastecer peças muito rapidamente e, conseqüentemente, a capacidade de reordenar em pequenas quantidades, foi a chave que reduziu os inventários totais num fluxo complexo de produção e fornecimento.

No Livro “Lean Thinking” os autores, baseados na observação de várias empresas pelo mundo notaram que a conversão de um sistema de produção clássico de lote e fila para um fluxo contínuo com um sistema “pull” pelo cliente dobrará a produtividade de o sistema ao mesmo tempo que reduz inventários e tempo de produção em 90%. Os erros que chegam ao cliente e a sucata dentro do processo de produção são tipicamente reduzidos para metade, assim como as lesões relacionadas ao trabalho. O tempo de lançamento do mercado para novos produtos será reduzido para metade e uma ampla variedade de produtos, dentro das famílias de produtos, podem ser oferecidos em custos adicionais muito modestos. Além disso, os investimentos de capital necessários serão muito modestos, sendo até negativos, caso as instalações e o equipamento puderem ser vendidos (Womack & Jones, 1996).

No entanto, segundo Levi et al. em 2004 no Livro “The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge”(Simchi-Levi, Simchi-Levi, & Watson, 2004), esta filosofia não é transversal a todas as organizações e mercado. É importante referir que uma grande desvantagem do sistema Pull é não usufruir de economias de escala, mas tanto o sistema push como pull têm vantagens e desvantagens e é importante conhecer onde é possível aplicar qual (Figura 2.3).

A elevada incerteza na procura sugere a aplicação pull enquanto que o usufruto das economias de escala recomenda push, no entanto, não apenas a procura e oferta são determinantes.

Produtos com elevada incorporação tecnológica como por exemplo material informático e que normalmente se inserem em mercados instáveis e sujeito a frequentes alterações devido ao aparecimento de novas tecnologias requerem uma estratégia pull. Artigos sujeitos a um consumo regular que competem em mercados onde o custo é um fator preponderante e que por vezes a produção é sazonal como por exemplo bens alimentares requerem uma lógica push.

No entanto as empresas que inserem em mercado instáveis, mas de baixo valor acrescentado como CDs e livros ou em mercado instáveis e com elevado valor acrescentado como a indústria de mobiliário poderão usar estratégias híbridas de push e pull.

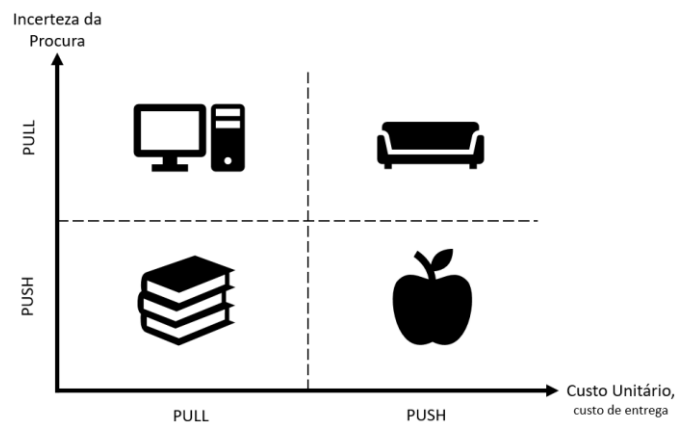


Figura 2.3 Diferentes Estratégias Fonte:(Simchi-Levi et al., 2004, p. 18)(Adaptado)

### 2.3.5. Perfeição

O potencial de especificar precisamente o valor e identificar cada passo na cadeia de valores, criar um fluxo e de seguida deixar o cliente “puxar” valor da fonte é perdido caso se o último princípio não for levado com empenho.

À medida que as organizações começam a especificar com precisão o valor, identificar toda a cadeia de valor, elaborar as ações de criação de valor para produtos específicos fluir continuamente e permitir que os clientes puxem pelo valor da empresa, os envolvidos apercebem-se que não há fim para o processo de redução de esforços, tempos, espaço, custos e erros ao oferecer um produto que é cada vez mais o que o cliente realmente deseja. De repente, a perfeição, o quinto e último princípio do pensamento Lean, não parece uma ideia distante pois, na verdade, fazer com a que cadeia de valor seja mais rápida expõe o “muda” escondido. E quanto mais puxa, mais as resistências ao fluxo são reveladas para que possam ser removidas.

A perfeição é como o infinito. Tentando imaginá-lo e chegar lá é realmente impossível, mas o esforço todo, proporciona inspiração e direção essencial para fazer progressos ao longo do caminho (Womack & Jones, 1996).

É importante que a direção das organizações construa uma visão, identifique a cadeia de valor, o fluxo e note o valor a ser puxado pelo cliente. A forma final de ver é trazer a perfeição para uma visão clara para que o objetivo da melhoria seja visível e real para toda a empresa. A maioria dos fluxos de valor podem ser melhorados radicalmente se os mecanismos corretos de análise puderem ser implantados, no entanto, se se estiver a gastar quantidades significativas de capital para melhorar atividades específicas, geralmente estará a procurar a perfeição no caminho errado.

É necessário criar uma política com alguns objetivos, selecionar alguns projetos e estabelecer objetivos numéricos de melhoria e quantidades maciças e contínuas de resolução de problemas conduzidas por equipas de funcionários de distintas áreas. O impulso mais importante para a perfeição é a transparência, o facto de que, num sistema Lean, todos os subcontratados, fornecedores de primeira linha, integradores de sistemas, distribuidores, clientes, funcionários, consigam ver de uma perspetiva geral todo e consigam descobrir novas maneiras de criar valor. A transparência em tudo é um princípio fundamental (Womack & Jones, 1996).

No livro “Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras”, o autor João Paulo Coelho comenta que os cinco princípios apresentados têm algumas lacunas, considerando apenas uma cadeia de valor do cliente e que de facto, numa organização há varias cadeias na criação de valores. Uma outra limitação dos cinco princípios iniciais é que estes tendem a levar as organizações a entrar em ciclos infundáveis de redução de desperdícios e muitas vezes levando-as a processos de anorexia ignorando a crucial atividade de criar valor através da inovação de produtos, serviços e processos.

Para evitar que caiam em hysterismos de redução de desperdício, que muitas vezes se traduzem em despedimento cegos, esquecendo a sua missão e o seu propósito de criar valor para as partes interessadas, a Comunidade Lean Thinking, em 2008, propôs a revisão dos princípios lean thinking sugerindo a adoção de mais dois princípios (Figura 2.4). Estes dois novos princípios, “Conhecer o stakeholder” e “Inovar sempre” procuram colocar a empresa no caminho certo, rumo à excelência e ao desempenho extraordinário. Os dois princípios são:

- Conhecer quem servimos – Conhecer com detalhe todos os stakeholder do negócio. Uma organização que apenas se concentre na satisfação do seu cliente negligenciando os interesses e necessidades das outras partes como os colaboradores, não podem augurar um bom futuro. O mesmo se aplica às empresas que, a troco da redução de custos dos seus produtos ou serviços, destroem recursos naturais.
- Inovar constantemente – Inovar para criar novos produtos, novos serviços, novos processos, isto é, para criar valor.



Figura 2.4 Princípios Lean segundo Comunidade Lean Thinking Fonte:(J. P. Pinto, 2014, p.20)

## 2.4. Métodos e Ferramentas Lean

Lean thinking é uma filosofia de gestão da maximização do valor através da consistente redução do desperdício. Para tal serve-se de um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas, que apareceram ao longo de várias décadas (Figura 2.5), e são orientados à simplificação e otimização dos processos, remoção de atividades e recursos que não acrescentam valor e ao envolvimento de todos na constante melhoria do desempenho das organizações. Esta orientação não se limita aos processos de trabalho, intervindo em todas as áreas de ação da organização, quer estas sejam de âmbito industrial ou de serviço.

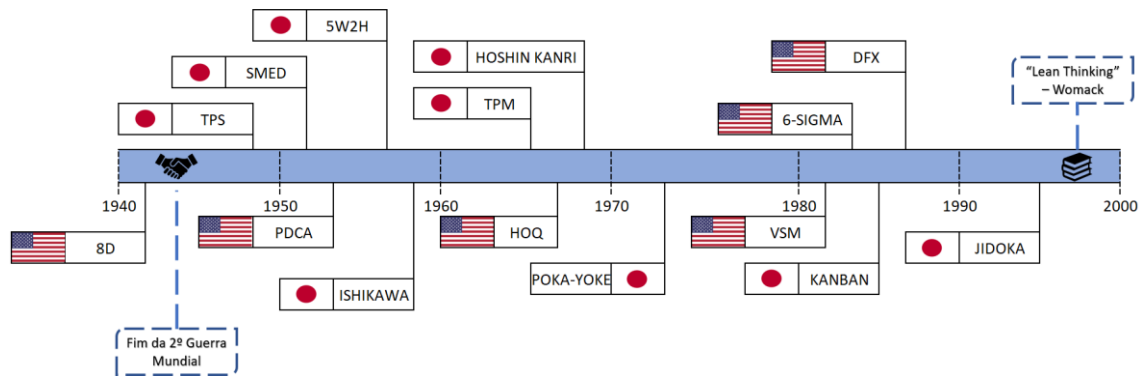


Figura 2.5 Ilustração referente à década em que apareceu cada ferramenta

O ciclo PDCA e o método científico poderão ser vistos como a base de qualquer ferramenta Lean, podendo ser aplicado em qualquer área e qualquer estudo.

O ciclo PDCA foi promovido por W.E. Deming a partir dos anos cinquenta e redefinido por Ishikawa no Japão sendo denominado por “Deming Wheel” e caracteriza-se pelo modo simples e sistemático com que orienta as implementações de ações (Moen, 2009).

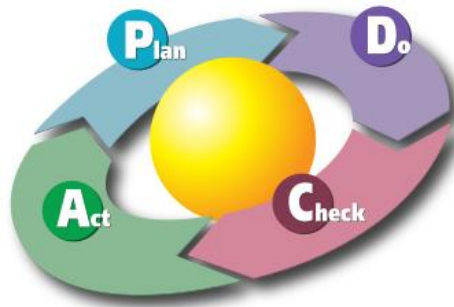


Figura 2.6 Esquema ciclo PDCA

O ciclo PDCA consiste em quatro fases (Figura 2.6):

- Plan – Definir Objetivos, analisar causas, criar hipóteses
- Do – Aplicar métodos, testar hipóteses
- Check – Analisar Resultados, comparar com o objetivo, compreender a razão
- Act – Criar contramedidas, registar lições aprendidas, definir novos objetivos

O método científico é um método usado já há vários séculos e compreende um conjunto de procedimentos e critérios que permitem compreender e explicar de modo fiável as leis e os fenómenos naturais. Este divide-se em 5 pontos: (Ryan, Specialist, & O'callaghan, 2002)

- Observação do fenómeno/problema – Observar o fenómeno
- Formulação do problema – Registo de todos os factos e medições sobre o problema
- Criação de hipóteses – Criação de explicações e soluções para o problema
- Testes de hipóteses – Teste da hipótese escolhida e melhoria de erros
- Criação de uma teoria – Uma teoria é um conjunto de teses que explica um fenómeno e já foi testada e comprovada em várias experiências

Sendo o método científico e o ciclo PDCA processos gerais, permitem que possam ser usados para a implementação de qualquer método ou ferramenta Lean.

Os métodos ou ferramentas Lean considerados foram os seguintes:

- Método 5s
- Métodos de Identificação de Causas
- Análise da Cadeia de Valor
- Pull System
- Six Sigma
- Total Productive Maintenance
- SMED
- Métodos Error proofing
- TOPS/8D
- Métodos Organizacionais Hoshin Kanri / Total Quality Management

#### 2.4.1. Método 5's

O 5s é um sistema de melhoria adotado para reduzir desperdício, limpar o espaço de trabalho e melhorar a produtividade, normalmente utilizado para facilitar outros métodos lean. Para este fim, o 5s visa manter a ordem no local de trabalho e utiliza a gestão visual para aumentar resultados operacionais (Al-Aomar, 2011).

Os 5 “s” representam:

- Seiri – arrumação: remoção de desperdício
- Seiton – organizar: designar e etiquetar localizações de ferramentas
- Seiso - brilhar: limpar e melhorar a aparência do local de trabalho
- Seiketsu – padronizar: documentar modos operatórios, usar ferramentas padrão e popularizar as melhores práticas
- Shitsuke – disciplina: manter a melhoria integrar o 5s como cultura

#### 2.4.2. Métodos de Identificação de Causas

Os métodos de Identificação de causas consistem em ferramentas que visam investigar as causas das ações, exemplos de estes métodos são o 5W2H ou o diagrama de causa -feito de Ishikawa.

5W2H é um método introdutório de clarificação de problemas com o propósito de determinar não só a causa raiz, mas também facilitar a implementação de ações corretivas e preventivas. Este método foi originalmente desenvolvido por Sakichi Toyoda na Toyota e usado hoje em dia em qualquer indústria. O princípio baseia-se em 7 perguntas, What?, Why?, Where?, Who?, When?, How? e How often? Que em português se traduz para O quê? Porquê? Onde? Quem? Quando? Como? Com que frequência?, estas perguntas são inquiridas sobre o acontecimento em questão determinando as suas causas (Nagyova, Palko, & Pacaiova, 2015).

O diagrama de causa-efeito (Figura 2.7) também é uma ferramenta de identificação das causas que consiste numa ferramenta de análise usada na resolução de problemas. Esta ferramenta foi desenvolvida por Ishikawa nos anos 50. Através de esta ferramenta é possível analisar as possíveis causas de um efeito como por exemplo um problema, um defeito ou um desperdício (Gwiazda, 2006).

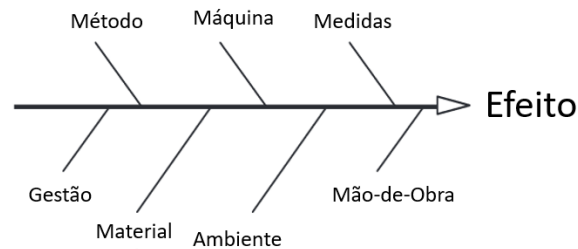


Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa Fonte:(Gwiazdax, 2006, p.20) (adaptado)

### 2.4.3. Análise da Cadeia de Valor

A cadeia de valor consiste no registo do conjunto de atividades que criam e entregam valor ao cliente e aos demais stakeholders. Este conceito foi inicialmente desenvolvido por Porter em 1985 no seu livro *“Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance”* e representa um método sistemático para examinar o desenvolvimento das vantagens competitivas das organizações. Estes conceitos foram abordados por vários autores, sendo em 1996, adaptado por Womack et al. na introdução da filosofia Lean Thinking e em 1998, John Shook e Mike Rother popularizaram as ferramentas de análise de cadeia valor na sua obra *“Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda”* (Seth & Gupta, 2005).

No contexto lean, o value stream é o conjunto de todas as etapas e ações necessárias à resposta das necessidades do cliente através de três atividades críticas de gestão de qualquer negócio:

- Resolução de problemas
- Gestão de Informação
- Transformação Física

O objetivo da filosofia Lean é racionalizar cada etapa dos processos, promovendo o fluxo contínuo entre elas. Neste sentido uma das mais recentes e poderosas ferramentas de análise da cadeia de valor é Value Stream Mapping.

Na análise da cadeia de valor o autor Moden sugeriu em 1993 (Seth & Gupta, 2005) a classificação de três tipos de atividades:

- Atividades que criam valor (VA – adding value)
- Atividades que são inevitáveis, mas não acrescentam valor (NNVA – Necessary Non Adding Value)
- Atividades que não acrescentam valor (NVA - Non Value adding)

Uma vez definida a cadeia de valor é necessário mapear todos os processos e fluxos, tornando-os visíveis para todos os que irão desenvolver atividades de criação de valor. Uma das populares ferramentas são os esquemas de mapeamento de cadeia de valor (Figura 2.8) introduzidas por John Shook e Mike Rother (Rother & Shook, 2003).

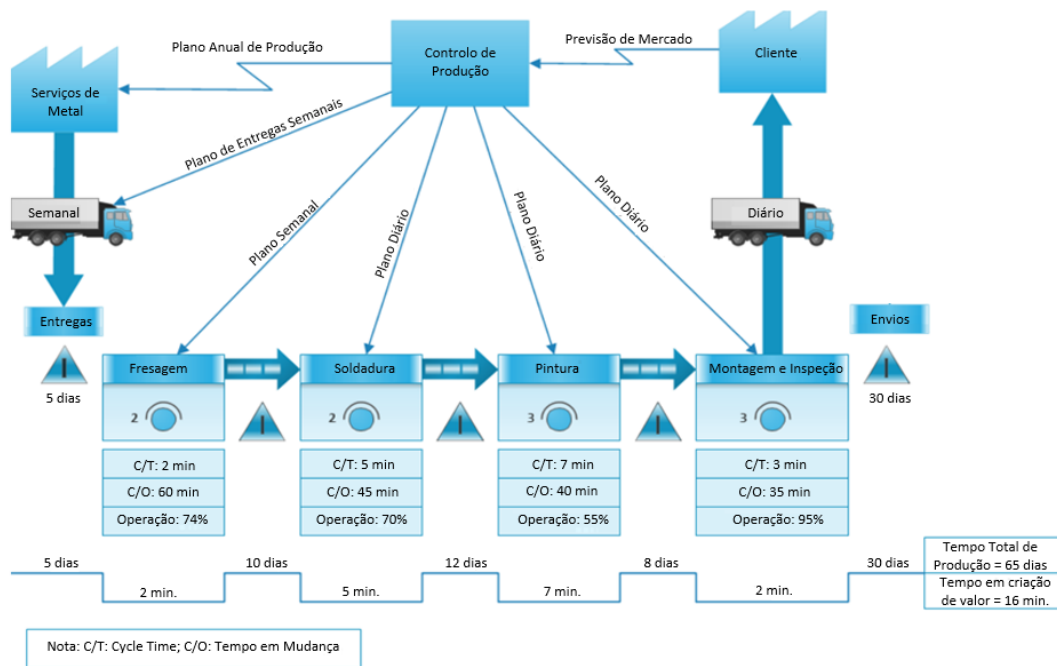


Figura 2.8 Análise de cadeia de valor Fonte:(CS Odessa, 2016)

Para combater o muda existente na cadeia de valor é necessário:

1. Conhecer o que o cliente pretende
2. Conhecer com detalhe os processos existentes na cadeia
3. Estabilizar os processos de fabrico e/ou serviços
4. Nivelar o fabrico/serviço com os fluxos
5. Implementar o pull system

João Paulo Pinto no seu livro “Pensamento Lean” (J. P. Pinto, 2014) refere que na obra “*The world is Flat*” em 2005 o autor, Thomas Friedman chama a atenção das organizações para se focalizarem nas suas atividades centrais (core businesses), considerando a possibilidade de externalizar aquelas que a organização não domina ou que outros fazem melhor e mais barato. Devido à globalização nos últimos anos, o mundo tornou-se plano, e cada vez há menos barreiras à entrada de mercados, expondo a todos à competitividade à escala mundial. Perante este novo paradigma, as organizações terão de redesenhar as suas cadeias de valor, de colaborar com todos os parceiros da cadeia e de estar em permanente sintonia com os mercados.

#### 2.4.4. Pull System

Os sistemas tradicionais são caracterizados pelo push system por empurrarem os produtos e materiais para o cliente, trabalhando na expectativa de mais cedo ou mais tarde a procura acontecer. Neste caso as operações são realizadas Just In Case em oposição ao Just In Time.

De acordo com a filosofia lean, cada atividade numa sequência de trabalho só é desencadeada quando a que precede o permite, ou seja, cada estação “puxa” a estação anterior na presença de um pedido da estação seguinte. O pull system, consiste essencialmente na produção apenas dos itens pretendidos na quantidade certa e no momento certo. Neste caso, o ritmo de procura do cliente final é repercutido ao longo de toda a cadeia de fornecimento, desde o armazém de produtos acabados até aos fornecedores de matérias-primas. Um sistema de produção que opere sob a lógica da produção push irá produzir somente o que for vendido, evitando excessos de produção.

Um método bastante usado no âmbito Pull System é o Kanban. Kanban é a palavra japonesa para “cartão” e tem suas raízes no TPS, quando Taiichi Ohno desenvolveu cartões Kanban para implementar a produção just-in-time por meio de uma ferramenta visual simples. O Kanban permite criar um fluxo de materiais "pull" que exige a participação dos funcionários para controlar e melhorar os processos entre as estações de trabalho. A ideia por trás do conceito kanban é que as estações de trabalho produzem ou entregam os componentes desejados somente quando necessário, graças a um sinal visual na forma de receber uma caixa vazia, caixa ou recipiente (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). Os sistemas kanban normalmente permitem redução de custos não apenas eliminando o desperdício, mas também respondendo mais rapidamente às mudanças, facilitando o controle de qualidade e dando importância, confiança e suporte aos funcionários (Aguilar-Escobar, Bourque, & Godino-Gallego, 2015).

#### 2.4.5. Six Sigma

O Six Sigma, consiste numa metodologia que, através da análise de dados provenientes do processo, tenta reduzir a variação (mura) dos processos de forma sistemática. Para tal, baseia-se num conjunto de métodos, ferramentas estatística e planos para observar e gerir as variáveis críticas dos processos e relação entre elas.

A metodologia Six Sigma foi desenvolvida pela Motorola nos anos 80 quando o diretor executivo Art Sundry se queixou da falta de consistência na qualidade dos produtos e rapidamente ganhou adeptos por toda a indústria e serviços norte-americanos.

Sigma ( $\sigma$ ) é um termo estatístico conhecido como desvio padrão e mede a dispersão de população em torno de uma média. Matematicamente, o objetivo desta metodologia é ter o maior número de população o mais perto possível do valor pretendido, ou seja, uma baixa dispersão (um baixo valor de  $\sigma$ ) em torno do objetivo. No caso de um processo produtivo, a população poderá ser vista como as medições efetuadas em que o objetivo é o valor “perfeito” que será a média entre o limite inferior e superior aceitável. A denominação  $6\sigma$  representa o intervalo de confiança, ou seja, o intervalo onde se encontram as medições aceitáveis. Este intervalo é 6 vezes o valor do desvio padrão o que representa que 99.999998027% de todas as medições efetuadas se encontram dentro dos limites (ver Figura 2.9).

A objetivo central por detrás do Six Sigma é a redução da dispersão ao desenvolver formas de sistematicamente eliminar as fontes de variação e assim aproximar a zero defeitos. Para alcançar a qualidade  $6\sigma$  um processo não poderá gerar mais do que 3,4 defeitos por um milhão de unidades. Desta forma atinge-se elevada qualidade e mínima variabilidade nos processos e produtos. Para um processo industrial ou de serviços o valor sigma é uma métrica que indica qual a capacidade de processo.

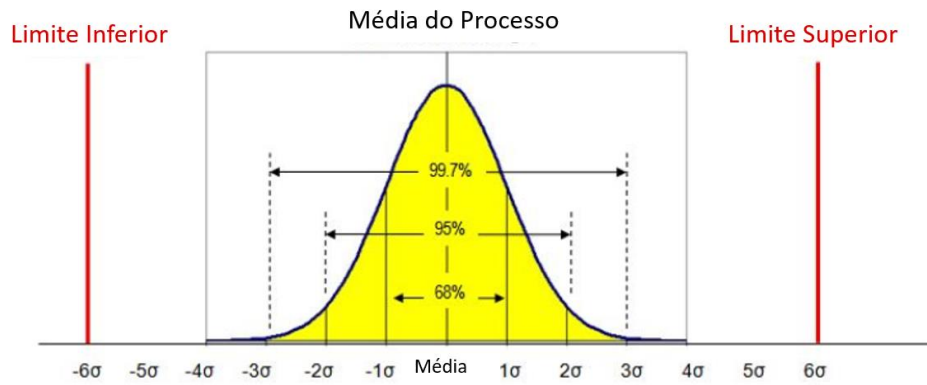


Figura 2.9 Gráfico de Distribuição Normal Fonte:(Parbhakar, 2018) (adaptado)

De uma perspectiva puramente estatística, e de acordo com o pensamento six sigma existem apenas duas fontes de problemas:

- A falta de centragem em torno da média [ $\mu$ ], ou seja, a moda ser igual à média que por sua vez pretende-se que seja igual ao valor desejado. (ver Figura 2.10)
- A amplitude, que é fruto de uma grande dispersão de valores. Numa distribuição normal  $\sigma=1$  (ver Figura 2.10)

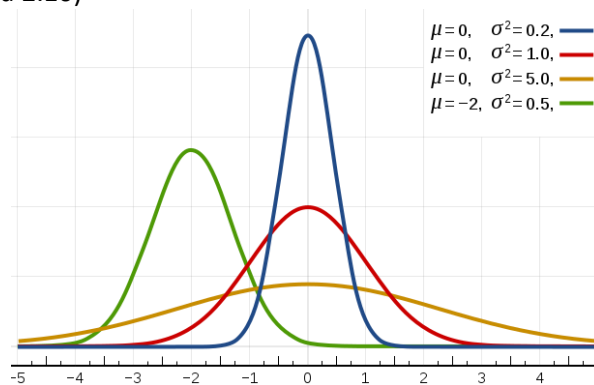


Figura 2.10 Influência de centragens e amplitudes Fonte:(Inkscape, 2008)

A metodologia 6 sigma trata de controlar as fontes de variação e, deste modo, impedir defeitos antes que aconteçam, orientando a atenção para a correção dos produtos e dos processos a fim de obter produtos e serviços de excelência. Isto é, visa prevenir erros, para que as organizações possam, oferecendo o custo mais baixo, a qualidade mais alta na indústria e serviços. Esta metodologia estabelece parâmetros mediante requisitos do público utilizando a ferramenta Voice of Customer (VOC) (Linderman, Schroeder, Zaheer, & Choo, 2003)

Esta metodologia depende fortemente de técnicas estatísticas avaliando processos e produtos para determinar novas formas de os melhorar e reduzir os defeitos. Esta metodologia apresenta, entre outras duas ferramentas principais a DMAIC e DFSS (Linderman et al., 2003). A DMAIC é uma melhoria do ciclo PDCA de Deming e consiste em cinco pontos:

- Definição (D): definir o objetivo e os seus requisitos
- Medição (M): Medição dos elementos - estabelecer métricas, medir e fazer comparações
- Análise (A): analisar dados resultados identificar causas soluções e obstáculos
- Melhoria (I): melhorar o processo, preparar uma implementação
- Controlo (C): monitorizar o resultado e confirmar melhorias

A metodologia Six Sigma pode também ser usada na criação de novos produtos ou processos usando os princípios DFSS (design for six sigma). DFSS tem o objetivo de projetar um processo mais eficiente e é uma abordagem em novos produtos ou processos baseados na prevenção de problemas. Uma ferramenta frequente da DFSS é DMADV (define, measure, analyse, design e verify) que é um ciclo análogo ao DMAIC (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010).

#### 2.4.6. Total Productive Maintenance

A Gestão Total de Processo é uma abordagem de gestão que procura a eliminação constante de todas as formas de desperdício existentes nas áreas produtivas e administrativas da empresa. Este conceito trata-se da evolução da metodologia TPM (total productive maintenance) criada em 1969 por Nakajami no Japão na empresa M/s Nippon Denso Co. Ltd. uma fornecedora da Toyota Motor Company e que foi inicialmente desenvolvida para apoiar a manutenção dos equipamentos e que, posteriormente, foi alargando a sua área de intervenção a todo processo (Williamson, 2015).

O propósito do TPM é impulsionar a competitividade das organizações englobando uma abordagem estruturada em alterar a mentalidade dos colaboradores e criando uma mudança na cultura de trabalho de uma organização. O objetivo de esta metodologia é comprometer todos os níveis e funções numa organização para maximizar a eficiência dos equipamentos de produção (Khamba, 2015).

O TPM é retratado com uma estratégia composta pelos os seguintes passos:

- Maximização da eficiência dos equipamentos através da otimização da disponibilidade, desempenho e eficiência dos equipamentos
- Estabelecer uma estratégia de manutenção preventiva que abranja o ciclo total de vida dos equipamentos
- Abranger todos os departamentos com planeamento, produção e manutenção
- Envolver todos os membros desde gestores de topo até aos operadores
- Promover melhorias de manutenção através de atividades autónomas

A implementação TPM, tem como prioridades 6 pontos (Figura 2.11), também descritos como elementos TPM (J. Kumar, Soni, & Agnihotri, 2014):

- Produtividade - Reduzir paragens não planeadas aumentando a produtividade dos equipamentos e aumentar a capacidade através de mudanças rápidas entre produtos e design de produto
- Qualidade - Diminuir problemas de qualidade derivadas de produção instável
- Custo - Diminuir o custo de ciclo de vida, aplicar procedimentos eficientes de manutenção e eliminar a baixa qualidade
- Distribuição - Fomentar aplicações Just-In-Time e aplicar melhorias na eficiência, rapidez e fiabilidade das entregas
- Segurança - Melhoria do ambiente de trabalho, eliminar situações de perigo e aplicar mecanismos de zero acidentes no local de trabalho
- Moral - Sugestões de melhoria, aumentar o conhecimento e técnicas dos operadores, melhorar habilidades de solução de problemas, envolvimento e fortalecimento entre os colaboradores.

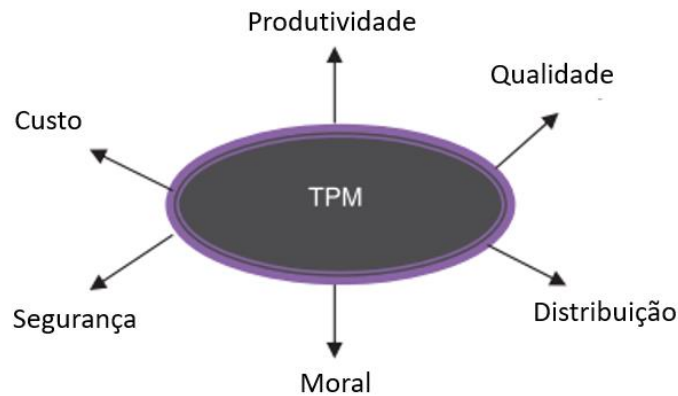


Figura 2.11 Elementos TPM Fonte:(J. Kumar et al., 2014, p.46) (adaptado)

Nesta metodologia a métrica principal na monitorização de desempenho é o OEE Overall Equipment Effectiveness que foi criado para suportar as iniciativas do TPM (McKone, Shroeder, & Cua, 2001).

#### 2.4.7. SMED

O método SMED foi desenvolvido nos anos 50 por Shingeo Shingo no Japão e consistem em ações que visam a sistemática redução dos tempos de setup com o objetivo de maximizar a utilização dos componentes. O tempo de mudança é o período compreendido entre o último produto produzido e o início da produção seguinte. As consequências diretas da redução do tempo de mudança (changeover) são a diminuição do tamanho dos lotes o aumento da flexibilidade e a redução de custos (Karam et al., 2018).

Através da otimização das mudanças de ferramentas, é possível obter repostas mais eficientes às solicitações impostas pelos clientes, que cada vez mais pretendem uma significativa diversidade de produtos. No SMED, o objetivo é realizar a mudança de produto/serviço em menos de 10 minutos, possibilitando que os equipamentos se tornem mais flexíveis. À medida que se diminui o tempo de mudança de produto, o tamanho dos lotes diminui de forma proporcional. Isto é, se o tempo de mudança de produto é, por exemplo, 20 minutos, o tamanho do lote é de 200 minutos, cerca de três horas de produção. Contudo, se o tempo de mudança for de apenas 10 minutos, o tempo do lote será de 100 minutos, cerca de 1,5 horas.

Os principais passos que suportam a redução do tempo de setup são:

- Separar as atividades de setup internas e externas
- Converter as atividades de setup internas em externas
- Agilizar as atividades externas e internas

Muitas técnicas complementares do SMED passam por uniformizar processos, execução de operações em paralelo ou utilização de poka-yoke.

#### 2.4.8. Prevenção de Falhas - Error Proofing

Os métodos de error proofing foram introduzidos por Shingeo Shing no Japão nos anos 60 e baseiam-se na identificação e prevenção de erros ou defeitos nos processos. Estes métodos têm várias denominações sendo também conhecidos por mistake proofing ou foolproofing e frequentemente abordados na sua designação japonesa poka-yoke que significa “sistema à prova de erro” (Tommelein & Ballard, 1999).

Uma das principais raízes do erro humano é ser um ser humano, estes métodos não garantem eliminar os erros, mas auxiliam a criar mecanismos de prevenção mediante a simplificação de operações, sinaléticas ou paragens. Exemplos frequentes que são encontrados no dia-a-dia são:

- Controlo - Uma ação que corrige o problema (como por exemplo o corretor de erros ortográficos do Microsoft Word)
- Paragem – Na sequência de um erro existe uma paragem (como por exemplo os aparelhos que se desligam ao final de algum tempo sem atividade)
- Aviso – avisam o operador da existência de um erro (sinal de reserva de combustível no carro)

No âmbito de prevenir erros e facilitar processos é frequente serem abordadas as ferramentas DFX (Design For...). As ferramentas de DFX são uma adaptação da abordagem Design For Assembly apresentadas pelos autores Boothroyd e Dewhurst em 1986 na obra *Product for Assembly Handbook*. Nos anos 80 e 90 foram aparecendo outras ferramentas como Design for Manufacture, Design for life-cycle ou inclusive Design for Safety. A abordagem de este tipo ferramentas foi denominada Design for X em que o “X” é referente a aplicação em causa. O objetivo destas técnicas é incluir nas preocupações dos projetistas aspetos ligados à produção, montagem ou segurança (Kuo, Huang, & Zhang, 2001).

À semelhança da ferramenta DFX, a ferramenta FMEA também é usada na prevenção de problemas mediante o risco. A Failure Mode and Effects Analysis foi desenvolvida pelo departamento de defesa dos Estados Unidos em 1949 (Carbone & Tippett, 2004) e é uma ferramenta que define procedimentos pela a análise falha e as suas consequências com o objetivo de aumentar a fiabilidade, qualidade e segurança (Version, 2004).

O conceito de Jidoka, que se traduz em “automação com toque humano” também é visto como um método de error-proofing. Este conceito foi criado no início dos anos 90 por Sakichi Toyoda que criou um sistema para as máquinas de têxteis parassem automaticamente quando um fio se quebrasse e assim evitando que o erro continuasse e resultasse em material defeituoso. Esta inovação não só permitiu reduzir os defeitos, mas fez com que fosse possível um operador controlar mais do que uma máquina em simultâneo (Womack & Jones, 1996).

Este termo representa a criação de mecanismos e automatismos que evitam que o erro aconteça ou se propague dando a autonomia a máquinas e operadores de interromperem ações assim que seja necessário evitar um mal maior. Jidoka significa que a não qualidade nunca deve ser transmitida para o processo seguinte criando mecanismos de deteção de falhas e organizando os processos de fabrico de modo a que os defeitos não se propaguem.

#### 2.4.9. Resolução de Problemas - 8D

Por vezes as organizações tendem a procurar direcionar esforços para melhoria da qualidade a montante de todo o ciclo de vida de um produto ou processo, no entanto a grande parte dos esforços acaba por ser aplicado na resolução de problemas.

A ferramenta 8D, também referida como Global 8D ou Ford TOPS 8D foi implementada pelo o Governo do Estados Unidos durante a segunda guerra mundial e popularizada pela Ford nos anos 60 e 70 (Kaplík, Prístavka, Bujna, & Viderňan, 2013). Esta ferramenta tem como objetivo a eliminação de problemas frequentes em que existe um certo nível de complexidade em que é necessário uma equipa. As 8 disciplinas são:

- Criação uma equipa
- Descrição do problema
- Desenvolvimento de ações corretivas e prevenção de dano
- Definição e verificação das causas-raiz
- Seleção e verificação das ações corretivas permanentes
- Implementação e validação de ações corretivas permanentes
- Prevenção da recorrência
- Conclusão do problema e felicitação da equipa

#### 2.4.10. Planeamento Hoshin Kanri

A metodologia conhecida por Hoshin Kanri é uma metodologia de estratégia organizacional japonesa que foi mais tarde adotada nas empresas ocidentais e conhecido como Total Quality Management. Hoshin Kanri (Tennant & Roberts, 2001) divide-se em 4 elementos:

- HO - Direção
- SHIN - Atenção
- KAN - Alinhamento
- RI - Razão

Os focos de esta metodologia baseiam-se no ciclo PDCA, as 4 tarefas principais são:

- Definição uma direção e focalização das prioridades estratégicas
- Alinhamento da estratégia com os planos e programas
- Integração das prioridades estratégicas nos planos de gestão diária
- Revisão estruturada do progresso das estratégias

Deste modo, o termo “hoshin kanri” é normalmente associado à gestão e ao planeamento ou ainda ao estabelecimento da política da empresa dirigindo-se à direção das organizações. O objetivo de esta metodologia é de servir de bússola às empresas orientando-as para o seu objetivo (Figura 2.12).

Hoshin Kanri é uma metodologia que permite as organizações perseguir os objetivos estratégicos e gerar progresso e ação a todos os níveis, eliminando os desperdícios que advêm de uma direção inconsistente e de uma comunicação fraca (Hutchins, 2008).

Esta metodologia esforça-se para que todos os funcionários puxem na mesma direção ao mesmo tempo, conseguindo alinhar os objetivos da empresa, os planos dos intermediários e o trabalho realizado por todos os funcionários, ou seja, alinhar a estratégia com e as táticas e operações.

João Paulo Pinto (J. P. Pinto, 2014) relata na sua obra que um estudo da revista Fortune publicado nos EUA, no início da década de 2000, revelou que menos de 10% das estratégias formuladas são efetivamente executadas. As causas são diversas, destacando-se as seguintes:

- Apenas 5% dos colaboradores percebem de facto a estratégia a seguir
- Apenas 25% dos gestores (intermédios) têm incentivos ligados à realização da estratégia
- 85% das equipas despendem uma hora ou menos por mês a discutir a estratégia
- Cerca 60% das organizações não fazem a ligação entre orçamentos e estratégia

O desenvolvimento dos conceitos Hoshin Kanri tem como objetivo colmatar as causas dos problemas referidos anteriormente.

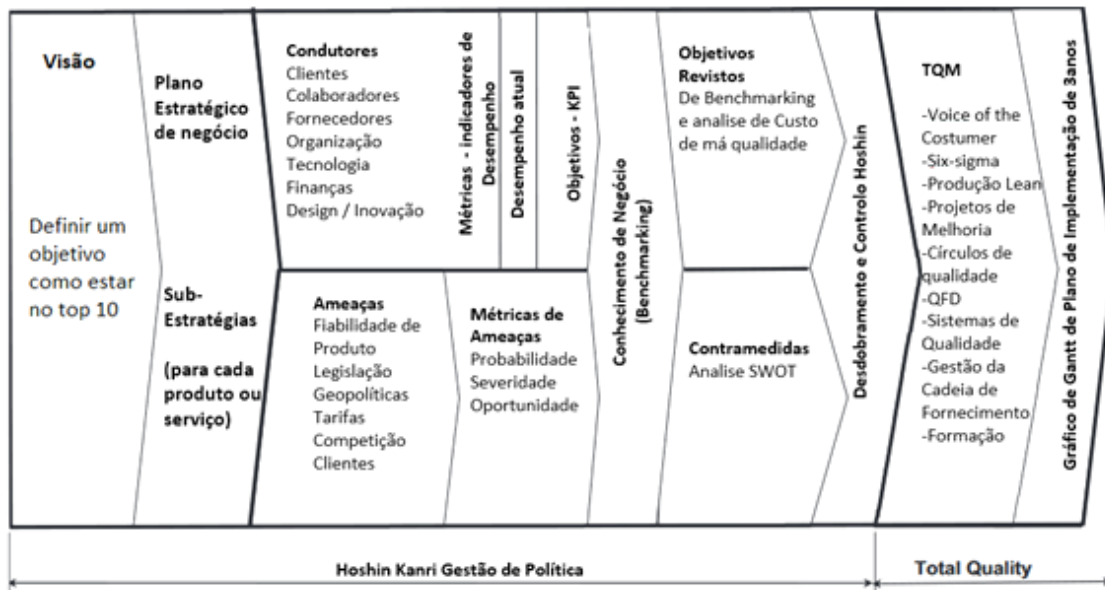


Figura 2.12 Esquema Hoshin Kanri Fonte:(Hutchinsx, 2008, p.46) (adaptado)

O planeamento hoshin kanri utiliza procedimentos para formalizar o planeamento e o estabelecimento de políticas e objetivos de forma a alinhar as ações de todos os colaboradores com as metas da organização e, ao mesmo tempo encorajar o envolvimento das pessoas no processo de planeamento. Destes procedimentos destacam-se os conceitos não antes abordados:

- VOC (Voice of Customer) -Ferramenta para descrever os requisitos dos clientes baseado em elementos quantitativos e qualitativos de investigação de mercado (Gaskin, Griffin, & John, 2010).
- Casa da Qualidade (HOQ, House Of Quality) – Uma técnica de desenvolvimento de produtos criada no Japão nos anos 70 que auxilia a formação de equipas funcionais de marketing, vendas desenvolvimento no desenvolvimento de produto (Hauser, 1993).
- Quality Function Deployment QFD Ferramenta usada no auxílio da equipa de desenvolvimento de produto com o objetivo de reduzir dois tipos de conflito, os requisitos do produto não cumprem com as necessidades do cliente alvo e o produto final não cumpre com os requerimentos técnicos do produto (Kahraman & Ertay, 2004).

### 3. Modelo de Aplicação - Redução dos Tempos de Mudança

Na sua obra, Shingo indica a necessidade de existir uma estrutura ou uma metodologia que guie as técnicas de melhorias. Neste capítulo, é apresentado um modelo de aplicação que tem o propósito de, mediante a aplicação de diversas metodologias Lean, reduzir os tempos de setup. Este modelo estrutura-se em 4 fases (Figura 3.1):

- Analisar
- Interpretar e Planear
- Criar
- Verificar

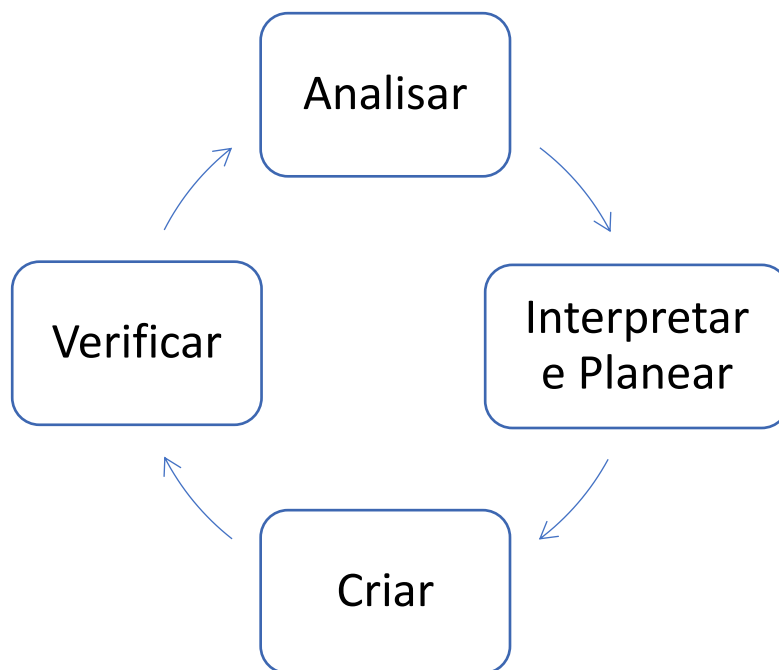


Figura 3.1 Modelo Proposto de Redução de Tempos de Mudança

#### 3.1. Analisar

O primeiro ponto do ciclo consiste em analisar ao pormenor todos os elementos desde as características da indústria em que se insere até aos detalhes de cada atividade. Este ciclo baseia-se em 5 pontos:

- ❖ Conhecer – É importante conhecer os passos todos de uma mudança e compreender a lógica por trás. O primeiro passo será definir o conceito de “valor” e compreender a sua cadeia, o “valor” irá apresentar as prioridades explicando as precauções que são necessárias existir numa mudança, e a cadeia de valor irá especificar todos os passos para alcançar. Na definição de “valor” é necessário ter em conta o bem-estar de colaboradores ou clientes. No livro “Improving Changeover Performance” os autores referem que por vezes à procura do melhor desempenho, são adotadas medidas pouco seguras. [(Culley, Owen, Mileham, & McIntosh, 2001)] Uma das ferramentas que poderá ser utilizada nesta análise é o Value Stream Mapping, uma ferramenta utilizada na análise da cadeia de valor ( ponto 2.3.2 Identificar a Cadeia de Valor)
- ❖ Observar - O segundo passo será conhecer detalhadamente as mudanças. Para desenvolver este ponto, é necessário acompanhar e observar as mudanças, o uso de filmagens poderá ser apelativo, contudo é necessário ter em conta que a camera apenas

documenta o que se passa a frente não captando todas as atividades paralelas. Uma das metodologias alternativas é entrevistar os operadores ou pondo em prática a ferramenta 5w2h questionando e compreendendo todos os aspetos de uma mudança. É importante observar a sequência de operações apontando que tarefas são conduzidas, quando e por quem pois a sequência de operações poderá ser bastante significativa no desempenho de uma mudança (Culley et al., 2001).

- ❖ Distinguir – Por vezes, as mudanças entre os vários produtos não são iguais, ou seja, as atividades desempenhadas do produto A para B não são as mesmas de B para C. Esta diferença faz com que existam tempos distintos havendo uma grande variabilidade nos tempos. Este facto levanta alguns problemas com o planeamento de produção e com a dificuldade em criar uma uniformização nas mudanças (Culley et al., 2001).
- ❖ Medir – Á semelhança do ciclo DMAIC (ver capítulo Six Sigma) um dos pontos principais é a medição e a documentação de todos os componentes de uma mudança. Os tempos de todas as atividades e esperas devem ser anotadas, mas não são os únicos, Shingo, aconselha no primeiro capítulo do seu livro em “Procedimentos Básicos de Mudança” a medir todos os componentes como dimensões, temperaturas ou pressões (Dillon & Shingo, 1985). Um indicador bastante útil na monitorização de desempenho é o OEE.
- ❖ Comparar – A comparação entre medições transmite o estado atual, informa sobre o progresso que está a ser conseguido e permite analisar o impacto dos diferentes fatores envolvidos numa mudança. É importante deter dados históricos fiáveis e precisos para uma análise correta (Culley et al., 2001).

### 3.2. Interpretar e Planear

A interpretação de dados recolhidos permite identificar as lacunas dos processos, expondo as causas e definir um rumo a seguir na redução do desperdício. Uma ferramenta bastante utilizada nesta análise é o diagrama de Ishikawa que permite indicar as causas dos problemas.

Este ponto visa criar um plano de ações mediante as oportunidades de melhorias identificadas com a análise de problemas. A interpretação das dificuldades permite, nesta fase, a criação de soluções e indica o plano a seguir. Nesta etapa, a criação de um objetivo é importante, a definição de este, deve ser tangível e a disponibilização da informação deve ser sem restrições para que todos os membros envolvidos tenham conhecimento do estado atual, diagramas em quadros de monitorização poderão auxiliar a exposição de informação (Culley et al., 2001).

Esta etapa do ciclo é fortemente apoiada em aplicações SMED, tendo por base os relatos e observações de duas grandes publicações, “A Revolution in Manufacturing: The SMED System” de Shingo e “Improving Changeover Performance” de S. Culley et. Al em que os autores revêm a obra de Shingo e propõe um modelo para complementar as suas práticas.

### 3.3. Criar

Este ponto consiste em pôr em prática o plano criado anteriormente para combater os problemas identificados. A criação de soluções passa por dois pontos:

- Fazer – por em prática todas as soluções físicas definidas para combater uma lacuna existente na mudança. Várias ferramentas poderão ser abordadas neste ponto como a aplicação de método 5’s que permite a organização do espaço de trabalho reduzindo o esforço e aumentando a eficiência das tarefas ou Error Proofing como o caso de poke-yokes ou simples técnicas para evitar erro que podem ser cruciais na redução do tempo gasto em ajustes ou na redução do esforço
- Formar – por em prática soluções não físicas como o caso de formação, mas que têm um grande impacto no desempenho (Culley et al., 2001). A formação dos colaboradores

em áreas tão distintas como pequenas reparações, know-how da própria máquina ou questões relacionadas com a natureza da organização poderá levar a redução de esperas ou diminuição do erro reduzindo tempos de setup (McKone et al., 2001).

### 3.4. Verificar

Tal como o último ponto de um ciclo PDCA, este ponto passa por verificar as consequências das aplicações tanto quantitativamente como o caso de tempos ou qualitativamente como no caso da satisfação dos próprios colaboradores que é significativamente aumentada com o sucesso da implementação de aplicações Lean como 5s ou SMED (Boztinaztepe & Canan, 2008).

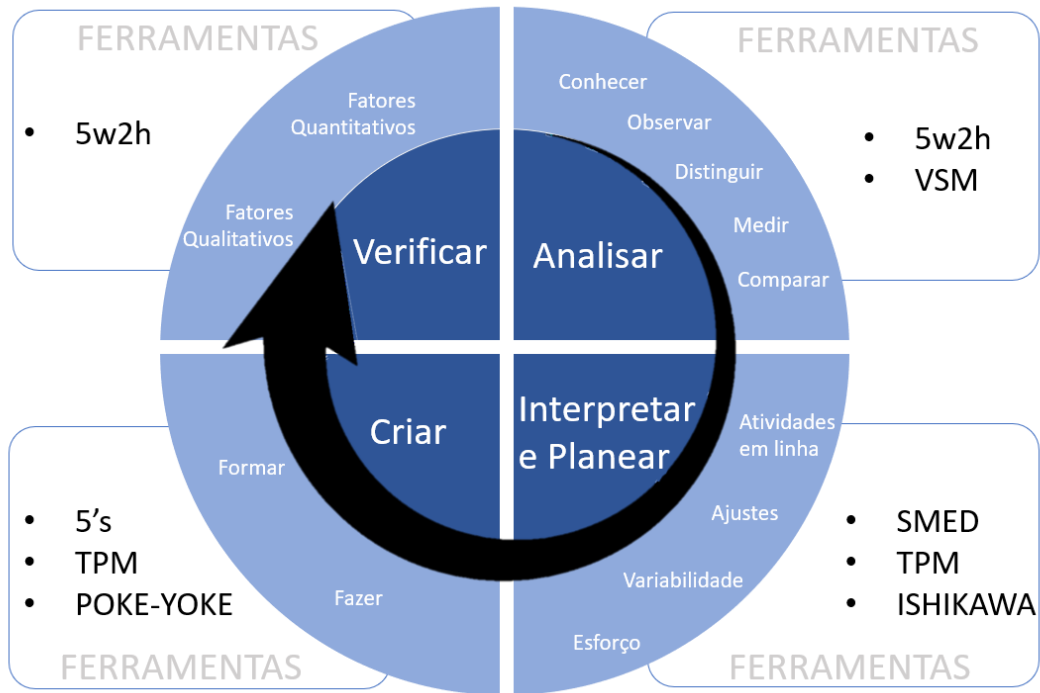


Figura 3.2 Representação do modelo proposto

### 3.5. Ferramentas

Este modelo aplica uma seleção de ferramentas ao longo das várias fases do ciclo (Figura 3.2). Este emprego visa maximizar os resultados aplicando a ferramenta que mais se adequa.

#### 3.5.1. 5w2h

5w2h é um método que foi originalmente desenvolvido na Toyota Motor Corporation e tem como objetivo determinar a raiz das falhas ou problemas. O nome deste método refere-se a 5 perguntas começadas por W e a das 2 perguntas começadas por H (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 Perguntas 5w2h Fonte:(Nagyova et al, 2015, p.34) (adaptado)

	Pergunta	Resposta
<b>5W</b>	<b>What?</b> (Qual?)	O problema é este...
	<i>Qual é o problema?</i>	<i>Descrição simples do problema em questão</i>
	<b>Why?</b> (Porquê?)	Aconteceu porque...
	<i>Porquê é que acontece?</i>	<i>Explicação da razão da ocorrência</i>
	<b>Where?</b> (Onde?)	Ocorreu aqui...
	<i>Onde ocorreu?</i>	<i>Descrição da localização</i>
	<b>Who?</b> (Quem?)	Este problema tem impacto nos...
	<i>Quem esteve envolvido?</i>	<i>Listagem de quem está envolvido na ocorrência (Colaboradores, Fornecedores, Clientes)</i>
	<b>When?</b> (Quando?)	Ocorreu dia... / Ocorreu às...
<i>Quando aconteceu? Quando foi encontrado?</i>	<i>Descrição temporal da indentificação do evento</i>	
<b>2H</b>	<b>How?</b> (Como?)	Aconteceu assim... / Foi encontrado porque...
	<i>Como aconteceu? Como foi identificado o problema?</i>	<i>Descrição dos procedimentos</i>
	<b>How Often?</b> (Com que Frequência?)	Acontece sempre que...
	<i>Quantas vezes aconteceu? Quando é que acontece?</i>	<i>Indentificação da frequência do problema</i>

Esta ferramenta é aplicada em duas fases do ciclo, no primeiro ponto, pode ser bastante eficaz na identificação dos problemas assim como as causas que levam a tempos elevados de setup, analisando detalhadamente a razão. Este método é também aplicado no ponto “Verificar” em que tem como compromisso, a compreensão dos resultados. Os fatores quantitativos como tempos medidos, ou fatores qualitativos como o grau de satisfação dos operadores poderão ser consultados no campo com a aplicação da ferramenta 5w2h consolidando os resultados dos passos anteriores. A utilização deste método nesta última etapa também poderá servir de identificação de novos problemas para uma segunda aplicação do ciclo.

### 3.5.2. VSM

Value Stream Mapping é uma ferramenta de auxílio à monitorização de fluxos de materiais e informação à medida que o produto percorre o caminho através da cadeia de valor. Rother and Shook definaram VSM como uma ferramenta que não apenas realça as ineficiências do processo e erros de comunicação, mas guia à melhoria (Singh & Sharma, 2009).

Esta análise consiste na documentação gráfica de todo o processo até à entrega do cliente. O resultado é um mapa chamado Cadeia de Valor que contem informação como o tempo de ciclo, desempenho dos equipamentos ou níveis de qualidade. Um ponto muito importante da VSM é o registo das relações entre processos e centros de controlo usados para gerir estes processos documentando o fluxo de informação (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

A utilização desta ferramenta permite às organizações compreender e melhorar os seus conhecimentos sobre a cadeia de valor relacionando pessoas, processos, ferramentas e reportando requisitos para atingir os objetivos (Singh & Sharma, 2009).

A aplicação de esta ferramenta é feita num ponto inicial do ciclo com o objetivo de conhecer todo o processo. Ainda que esta ferramenta seja utiliza num ponto de vista macro englobando toda a organização num processo de produção, neste caso, é utilizada para monitorizar todos

os elementos intervenientes numa mudança de produto, assim como representar os departamentos envolvidos e o fluxo de informação entre estes.

### 3.5.3. ISHIKAWA

O diagrama Ishikawa, também conhecido como diagrama espinha de peixe foi batizado depois de Kaoru Ishikawa ter apresentado este esquema nos anos 60 (Juran, 1999). O diagrama de Ishikawa é uma ferramenta de identificação da raiz das causas que oferece um método sistemático de monitorização dos fundamentos que contribuem para os efeitos. (Watson, 2004)

Este diagrama representa um modelo de apresentação da correlação entre um evento e as múltiplas causas que auxilia os intérpretes a pensar de uma forma esquemática. Um dos benefícios desta ferramenta é a determinação de causas dos problemas usando uma abordagem estruturada e encorajando a participação e conhecimento em grupo identificando onde a informação deve ser recolhida para referências futuras (Tristan Boutros, 1995).

A representação deste esquema é feita mediante linhas sugerindo a distribuição de múltiplas causas e sub-causas. Este diagrama é representado em 6 grandes grupos, “Método”, “Máquina”, “Matéria-prima”, “Ambiente”, “Método” e “Medidas” em que qualquer causa encaixam num destes grandes grupos (Venkatesh, 2007).

A aplicação desta ferramenta é feita no ponto “Interpretar e Planear” com o propósito de interpretar as principais causas dos elevados tempos de setup de modo a desenvolver soluções. A aplicação desta ferramenta pode ser dividida em três etapas (Figura 3.3), a primeira consiste na Identificação do problema nomeando as suas consequências, a segunda etapa reside em estudar as causas mediante a observação ou entrevistando intervenientes como técnicos ou operadores e por último é a criação do diagrama com dados recolhidos.

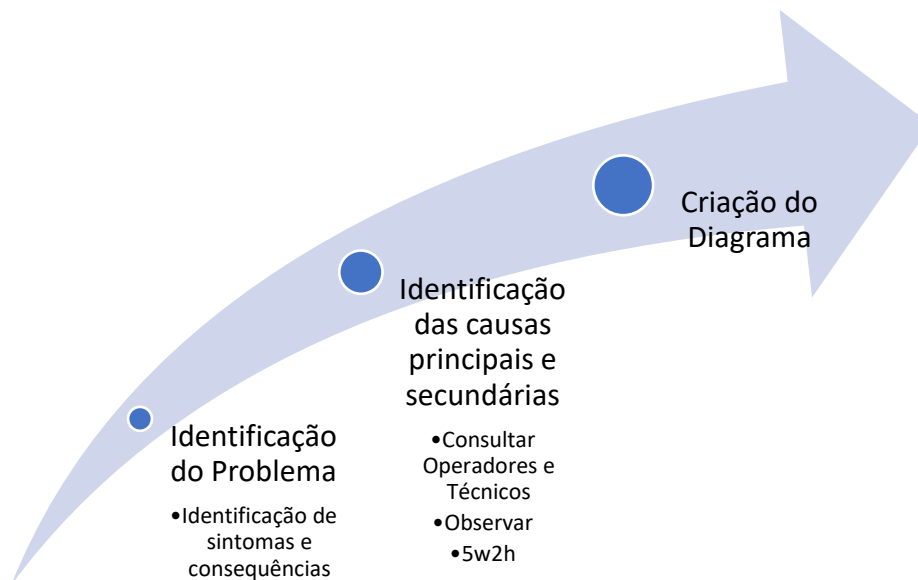


Figura 3.3 Aplicação Ishikawa

### 3.5.4. SMED

A ferramenta principal deste modelo é a Single Minute Exchange of Die. As técnicas de mudanças rápidas de ferramentas foram introduzidas e desenvolvidas pela primeira vez por Shigeo Shingo nos anos 50 que depois de um período de 19 anos a examinar este método, as

relatou na sua obra “A revolution in manufacturing: the SMED system” (Dillon & Shingo, 1985). Durante as décadas seguintes ao seu aparecimento, a redução de tempos de mudança continuou a ser abordada por várias empresas da indústria japonesa como o caso da Mitsubishi Heavy Industries Ltd. e M Eletric Japan aparecendo inúmeras publicações. Apenas no período dos anos 80 é que esta método se alargou a indústrias europeias em parte devido ao sucesso do Toyota Production System (Sohani, 2011).

Shingo baseia a aplicação das técnicas SMED categorizando as atividades em dois grupos, as internas, que requerem o cesso de funcionamento da máquina para serem praticadas e as externas que são efetuadas em paralelo com o funcionamento da máquina como o caso de preparação de peças. Na sua obra, Shingo, divide as técnicas de implementação de SMED em 4 estágios (ver Figura 3.4):



Figura 3.4 Esquema de uma análise SMED Fonte:(Industries, 2014)(adaptado)

1. Interno e Externo não são distinguidos - Este estágio é a caracterização do estado inicial
2. Separar - Nesta etapa, os elementos constituintes de uma mudança são separados em externos e internos:
  - Externos – todos os elementos que podem ser realizados em paralelo com o funcionamento da máquina. Exemplos são manutenção de peças, preparação de materiais
  - Internos - todos os elementos que requerem que a máquina esteja parada para que sejam realizados. Exemplos destes elementos são a manutenção ou limpeza da própria máquina.
3. Converter - Os elementos são examinados para determinar se podem ser modificados de alguma forma para serem externos ou se podem ser eliminados. Exemplos de técnicas de conversão são a preparação de peças antecipadamente e equipamento de modificação como por exemplo, adicionar proteção para permitir uma limpeza segura durante a execução.
4. Agilizar todos os aspetos - Nesta fase, todos os elementos são revistos com o objetivo de simplificá-los ou alterá-los para que possam ser concluídos em menos tempo. A prioridade máxima deve ser feita em elementos internos para suportar o principal objetivo de reduzir o tempo de mudança, uma das técnicas utilizadas é o uso de mecanismos de abertura rápida.

Contudo, segundo alguns autores, as aplicações SMED devem ser acompanhado de outros métodos como o caso da aplicação 5s (Sohani, 2011) ou TPM como por exemplo a utilização do OEE (Karam et al., 2018).

Ainda que o SMED seja conhecido como método de sucesso há mais de vinte e cinco anos, (Ferradás & Salonitis, 2013) na sua obra, McIntosh et al. argumentam que o método de Shingo, apesar de ser apoiada por muitos exemplos, pode não ser o método mais eficiente. Os autores, referem que é dada bastante ênfase a melhorias de organização de baixo custo e pouca atenção às alterações de design. Esta prática pode subjugar o uso de outras opções importantes de melhoria. McIntosh et al. afirmam que as melhorias que frequentemente envolvem alterações de design e que alteram fundamentalmente a natureza das tarefas de mudança ou que as eliminam podem ter um resultado igual ou maior. Em “Improving Changeover Performance”, McIntosh et al. apresenta soluções de organização e de design para superar as dificuldades encontradas (McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2000). Estas soluções são divididas em quatro grandes grupos (ver Tabela 3.2):

- Atividade em Linha –Tempo gasto em tarefas enquanto a linha está parada
- Ajustes – Tempo gasto em ajustes. Os ajustes e testes ocupam normalmente 50% dos tempos de mudança, eliminar a necessidade levará a poupanças significativas dos tempos de mudança- (Dillon & Shingo, 1985)
- Variabilidade - Trabalho adicional significativo imposto pela variabilidade, ou seja, a não uniformização tanto em termos de aspetos físicos ou em termos de procedimentos de mudança
- Esforço- Esforço requerido para conduzir as tarefas de mudança

Tabela 3.2 Tabela de Melhorias Fonte:(S. Culley Et Al. , 2001, p. 236) (adaptado)

		Melhorias	
		Melhorias Organizacionais <i>(Soluções que passam por alterar a natureza das tarefas)</i>	Melhorias de Design <i>(Soluções que passam por alterar a natureza dos componentes)</i>
<b>Dificuldades</b>	<b>Atividades em linha</b> <i>(Presença de tarefas nos tempos de mudança)</i>	Passar as operações possíveis para externas Conduzir atividades em paralelo Quebrar dependências entre tarefas e pessoas  <i>(Redução da presença atividades existentes nos tempos de setup realocando tarefas e recursos)</i>	Criar proteções para que tarefas manuais possam ser praticadas com o decorrer de atividades automatizadas em segurança  <i>(Redução da presença atividades existentes nos tempos de setup alterando os componentes de modo a que as tarefas possam ser realocadas)</i>
	<b>Ajustes</b> <i>(Dificuldades criadas devido aos ajustes nas mudanças)</i>	Conhecer e usar parâmetros pré-definidos Definir parâmetros de ajustes Compreender relação entre ajustes Adicionar requisitos de precisão Evitar o dano  <i>(Minimizar atividades de ajustes)</i>	Ajustes automáticos Resolver requisitos de precisão Considerar usar equipamentos de monitorização de posição/condição Tornar os componentes mais robustos (menos propenso a danificar) Aumentar a qualidade dos componentes  <i>(Alteração dos componentes para minimizar tempo os tempos de ajuste)</i>
	<b>Variedade</b> <i>(Obstáculos imposto pela variedade)</i>	Implementar procedimentos uniformes de mudança Fazer pré-verificação que os itens de mudança estão presentes  <i>(Padronizar métodos de desempenho de tarefas)</i>	Utilizar localizações à prova de erro Uniformizar as características dos sistemas das máquinas  <i>(Padronizar condições físicas)</i>
	<b>Esforço</b> <i>(Inconvenientes criados pelo esforço no desempenho de tarefas)</i>	Eliminar tarefas supérfluas Empregar as ferramentas / armazenamento / manuseamento correto Assegurar a limpeza  <i>(Eliminar ou simplificar tarefas existentes aumentando a eficiência)</i>	Adicionar aparelhos para auxiliar tarefas Modificar hardware/produto para auxiliar tarefas existentes Melhorar acessos Evitar usar ferramentas de mão  <i>(Eliminar ou simplificar tarefas modificando produtos ou equipamentos)</i>

A abordagem de McIntosh et al. apresenta um conjunto de soluções com o propósito de combater os maiores obstáculos no desenrolar das operações de mudança, contudo esta abordagem poderá complementar a abordagem que Shingo apresenta. Na Figura 3.5 são apresentadas ambas abordagens representando esquematicamente a sua conjugação.

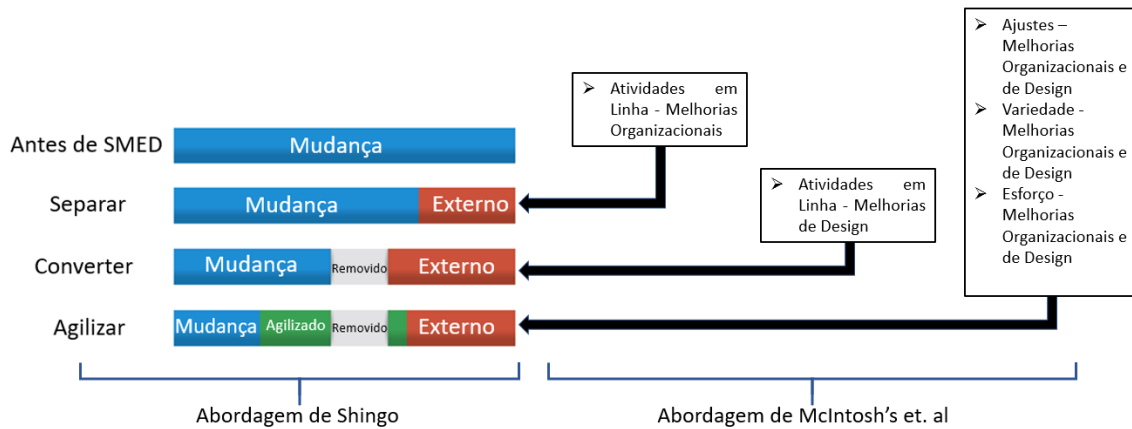


Figura 3.5 Abordagem de Shingo e McIntosh et. al

Os resultados da aplicação SMED vão para além da redução dos tempos de mudança. Os praticantes deste método conseguem obter vantagens como o aumento da produtividade, aumentar o desempenho dos operadores, qualidade e a segurança (Dillon & Shingo, 1985).

### 3.5.5. Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance consiste numa filosofia japonesa que foi desenvolvida baseada no conceito e metodologias de manutenção produtiva. Esta abordagem visa otimizar a eficiência dos equipamentos, eliminar paragens e promover manutenção autónoma pelos operadores nas atividades diárias.

O propósito do TPM é impulsionar a competitividade das organizações englobando uma abordagem estruturada em alterar a mentalidade dos colaboradores e criando uma mudança na cultura de trabalho de uma organização. O objetivo de esta metodologia é comprometer todos os níveis e funções numa organização para maximizar a eficiência dos equipamentos de produção (Figura 3.6).

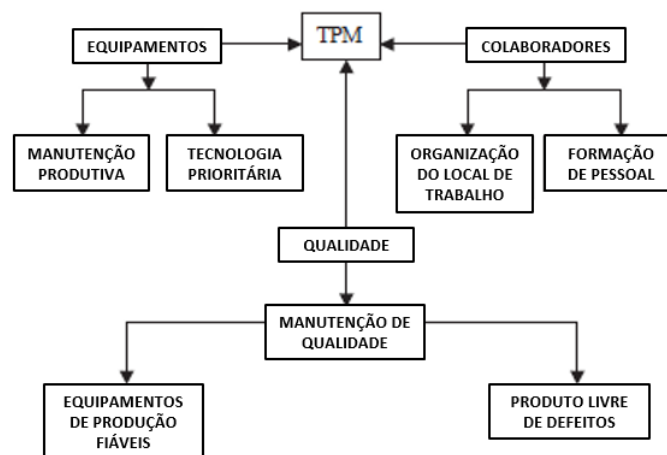


Figura 3.6 Esquema TPM Fonte:(Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2003, p.74) (adaptado)

A aplicação Total Productive Maintenance é estruturada em 8 pilares (Figura 3.7) (Owen, 2015):

1. Manutenção Autónoma - Os operadores realizam tarefas de manutenção como limpeza, lubrificação ou ajustes. Este pilar estrutura-se em três pontos, estabelecer condições básicas de manutenção, aumentar os conhecimentos das equipas mediante secções de formação e treino e no terceiro ponto, os operadores tomam autonomia tornando-se responsáveis pela elaboração de ações de manutenção nas próprias máquinas.
2. Manutenção Planeada - Criação e cumprimento do plano de manutenção reduzindo indicadores com Mean Time Between Failures.
3. Melhoria Específica - Sistemática eliminação de desperdícios aumentando indicadores como OEE. Este pilar passa pela criação de equipas de trabalho focadas na resolução de problemas (ações kaizen kobetsu)
4. Educação e Treino - A implementação passa, numa primeira fase por definir em termos de complexidade, do conhecimento necessário, do número de pessoas capacitadas necessárias para e das habilidades necessárias para realizar cada tarefa. Num segundo passo são criados e implementados planos de formação.
5. Controlo Inicial - Baseia na análise detalhada dos produtos e equipamentos antes mesmo de serem criados ou instalados. O objetivo é facilitar a produção mediante análises de design ou de processos de produção de modo a evitar problemas. Este ponto passa por analisar casos antecedentes e retirar lições.
6. Manutenção da Qualidade - O primeiro passo deste pilar é eliminar perdas na qualidade e o segundo consiste em manter a qualidade. O objetivo deste ponto é alcançar zero defeitos.
7. Administrativo - O propósito deste pilar é alinhar os objetivos de todos os departamentos com a visão da organização.
8. Segurança e Meio Ambiente - Assegurar um ambiente de trabalho seguro e eliminar acidentes de trabalho.

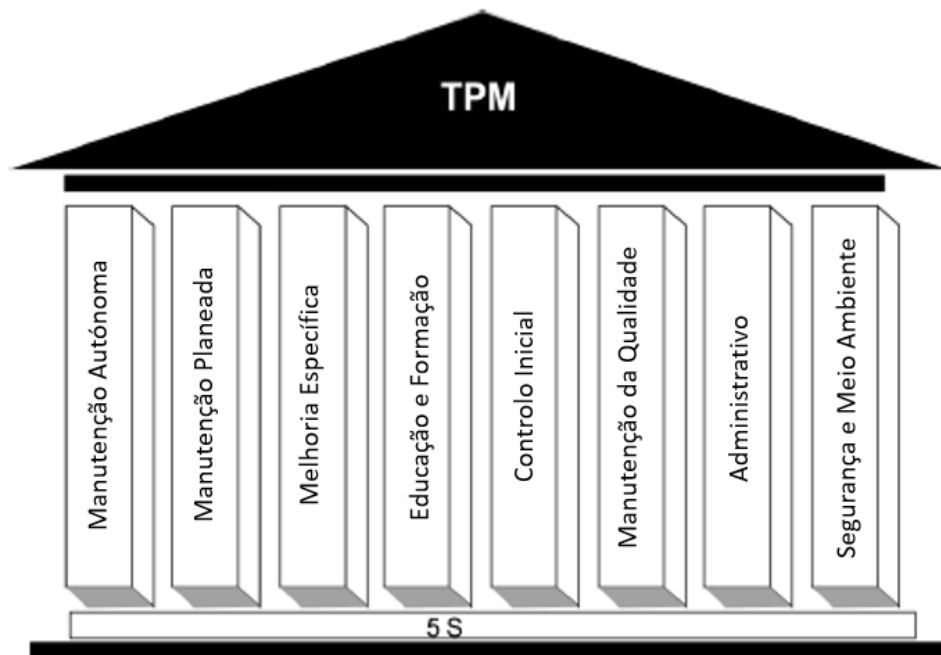


Figura 3.7 Pilares TPM Fonte:(Khambax, 2015, p.74) (adaptado)

As medições são um requisito importante dos processos de melhoria de continua. É importante estabelecer métricas apropriadas para as medidas propostas. De um ponto de vista genérico, o OEE pode definido como eficiência geral dos equipamentos, no qual, a sua maximização é o objetivo do TPM. Este indicador, analisa a disponibilidade, o desempenho e a qualidade que são três medidas das perdas do equipamento (Figura 3.8). Nakajami, defeniu as perdas em seis grandes categorias:(Chan et al., 2003)

1. Perdas por avaria
2. Perdas em setup e afinações
3. Perdas por inatividade ou pequenas paragens
4. Perdas em redução de velocidade
5. Perdas em defeitos
6. Perdas em arranque

As duas primeiras perdas são contempladas pelo indicador de disponibilidade, o ponto 3 e 4 são revistas no parâmetro de desempenho e as duas últimas afetam a qualidade de produção.

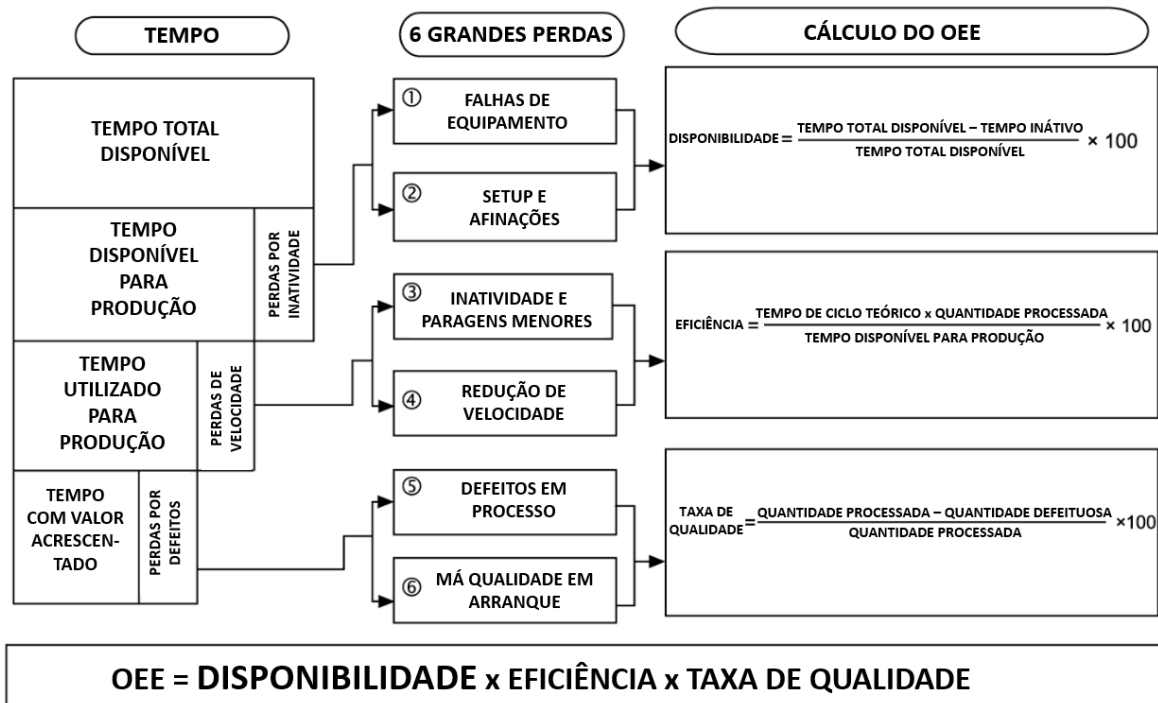


Figura 3.8 Esquema OEE Fonte:(Khambax, 2015, p.74) (adaptado)

Esta metodologia tem uma grande contribuição neste modelo. Esta aplicação visa em primeira instancia, a monitorização do desempenho, nomeadamente da disponibilidade da máquina em que a sua maximização é o principal objetivo desta implementação. O segundo ponto da aplicação desta metodologia, é o emprego de um dos pilares TPM, nomeadamente a Educação e Treino dos operadores que consiste em formar e treinar os colaboradores para agilizar o desempenho de tarefas de setup.

### 3.5.6. Método 5's

O método 5's tem a sua origem no Japão e consiste numa ferramenta melhoria nos processos decorrentes no local de trabalho. Os resultados de este método são a redução de perdas relacionadas com falhas ou paragens e melhoria da qualidade e segurança no trabalho (Michalska & Szewieczek, 2007). Este método está fundamentada em 5 pontos:

Seiri – Em português arrumar, refere-se á arrumação de materiais não necessários apenas deixando no local o essencial. Este procedimento, leva à redução de riscos e da desorganização interferente na produtividade.

Seiton – Este ponto traduz-se em ordem, e consiste em arrumar os equipamentos no local de trabalho de maneira simples e de acesso fácil. Esta fase serve-se muito de ferramentas visuais como marcações no chão e identificação por cores e formas.

Seiso – Esta palavra, em japonês, quer dizer brilhar e refere-se à limpeza da zona de trabalho. Esta ação permite identificar e eliminar fontes de desordem e manter os espaços limpos.

Seiketsu – Consiste em criar padrões de procedimentos de forma a garantir a ordem nas áreas de trabalho. Os padrões devem ser simples e fáceis de entender. A criação das normas deve envolver todos os participantes do processo e devem ser implementados em todas áreas como por exemplo produção, manutenção, armazém ou área administrativas.

Shitsuke – A palavra Disciplina consiste em manter todos os outros pontos mencionados. A aplicação deste ponto apresenta resultados como redução de não conformidades melhoria e ambiente de trabalho. Este ponto requer rotinas de inspeção utilizando “check-lists” e monitorização de resultados.

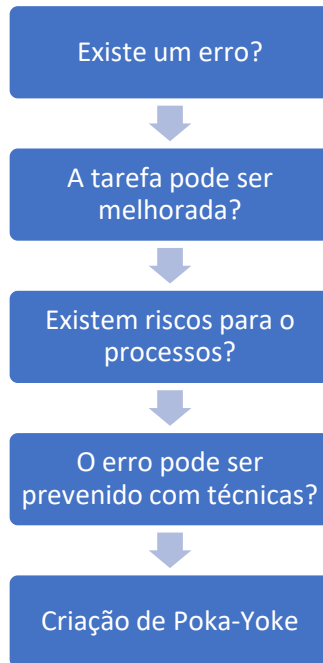
Neste modelo, a aplicação de esta método tem uma grande utilidade nomeadamente na criação de um procedimento padrão envolvendo todos os colaboradores que participam nas atividades de setup sendo aplicada no ponto “Interpretar e Planear”. Contudo, os restantes pontos desta ferramenta, também poderão ter grande impacto na fase “Criar” gerando mecanismos nomeadamente Seiton que poderão influenciar o desempenho das tarefas.

### 3.5.7. Poka-Yoke

O método Poka-yoke foi introduzido por Shingo na Toyota Motor Corporation, o nome “poka-yoke” é traduzido para português como “resistência aos erros”. Esta ferramenta liberta os operadores de praticarem tarefas repetitivas oferecendo a oportunidade de maximizar o desempenho de tarefas que aumentem a qualidade enquanto reduzem os defeitos (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009).

Em qualquer fase de qualquer processo, poderão existir erros que têm como consequência defeitos que se traduzem em reclamações dos consumidores. Poka-yoke consiste numa técnica de prevenção de erros humanos. Esta técnica tem três funções para prevenir os erros: desligar, controlar ou avisar. Qualquer mecanismo que previna a ocorrência de um erro, ou alarme para a ocorrência de um erro é considerado um poka-yoke. O propósito de este método é permitir cumprir uma tarefa bem à primeira (Sharma, 2015).

A aplicação de este método é feita na fase “Criar”, o objetivo de esta aplicação é criar ferramentas que preveniam erros no decorrer das atividades de mudança que possam prolongar o desempenho de tarefas. A utilização de poka-yoke é iniciada com a identificação de erros durante a observação de processos sendo criados mecanismos que previnam a repetição desta ocorrência (Figura 3.9).



*Figura 3.9 Aplicação Poka-yoke*

## 4. Caso de Estudo – Linha B

Neste capítulo será abordado um exemplo prático que decorreu numa empresa da indústria farmacêutica, que nos passados anos tem criado uma visão Lean e travado a sua batalha contra o desperdício. Este caso de estudo visa, mediante a aplicação Lean, reduzir os tempos de mudança na linha descrita. Na Figura 4.1 é apresentado a ordem cronológica que este projeto teve.

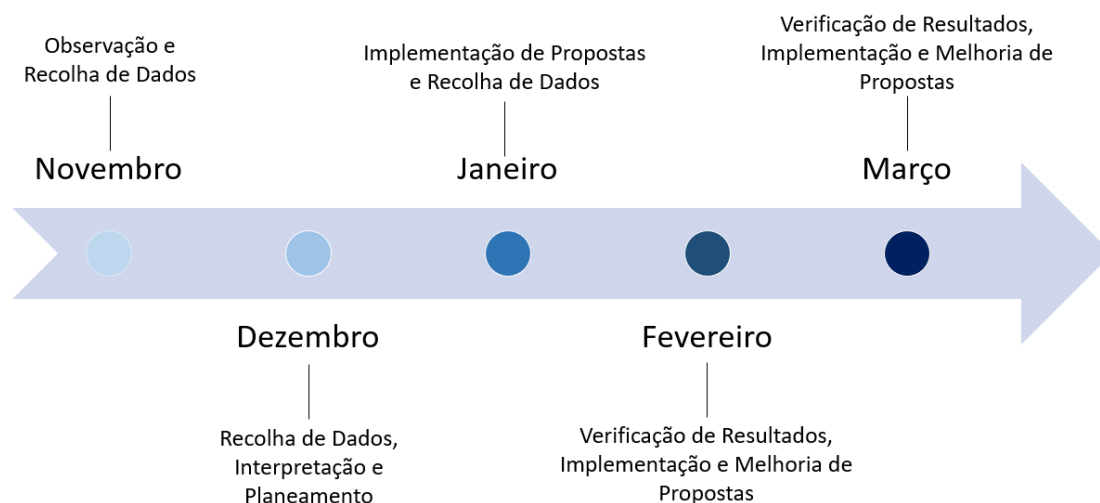


Figura 4.1 Desenvolvimento Cronológico do Estudo

Este projeto foi iniciado em novembro de 2017 e os resultados apresentados são relativos ao primeiro trimestre de 2018. Como será reportado neste capítulo, na segunda semana de março de 2018, a linha acompanhada tem uma baixa o que faz com que as mudanças passem a ser efetuadas por operadores que não detêm o know-how para desempenhar algumas funções, notando-se um crescimento dos tempos a partir deste período.

### 4.1. Apresentação da Empresa

Por uma questão de confidencialidade, o nome da empresa foi ocultado do seguinte texto.

A aplicação do modelo proposto foi realizada numa empresa farmacêutica que produz medicamentos genéricos em formato de cápsula, comprimido ou pó.

Esta firma foi constituída no início da década de 2000 e iniciou atividade de promoção e comercialização de medicamentos genéricos em junho de 2002. Até 2017 era participada a 100% pelo seu grupo, grupo que opera há mais de 25 anos no mercado hospitalar português sendo nº1 no ranking das empresas nacionais em vendas hospitalares e líder nacional de vendas em oncologia até 2017.

Possui uma unidade fabril em Portugal com capacidade instalada de produção de 30 milhões de unidades. Esta unidade foi inaugurada em 2006 com um centro de Investigação e desenvolvimento dotado da melhor tecnologia mundial representando um investimento de cerca de 35 milhões de euros.

Em 2011 esta empresa assumiu a liderança do mercado de genéricos em Portugal e é a primeira empresa de genéricos do ranking nacional vindo apresentar ao longo dos últimos anos, um crescimento consistente, apresentando uma posição sólida de mercado.

Fruto do esforço efetuado pelo Departamento de exportação, possui uma presença significativa em alguns mercados externos, não só em países de língua oficial portuguesa, como Angola, Moçambique e Cabo Verde, mas em África como Costa do Marfim, Senegal, Madagáscar e recentemente Ilhas Maurícias, assim como em outros países do Médio Oriente, tais como Irão, Iraque e Líbia, e Sudoeste Asiático, como é o caso do Vietname, estando também presentes em Macau. A Europa também faz parte deste trajeto estando presente em países como Croácia, Espanha ou Azerbaijão.

Com o compromisso de desenvolver, produzir e comercializar medicamentos genéricos da mais elevada qualidade a um preço acessível, possui um portefólio em constante renovação com mais de 200 moléculas registadas e aprovadas pelo INFARMED, providenciando soluções que vão desde moléculas como Paracetamol até Ciclosporina, um dos argumentos mais relevantes da sua proposta de valor.

Em 2017, o grupo passou a fazer parte de um grupo internacional criado por uma empresa fundada nos anos 80 na Índia iniciando operações no fabrico de Penicilina Semissintética. Esta firma encontra-se entre as 10 maiores empresas indianas em termos de receitas exportando para mais de 125 países em todo o mundo.

#### 4.2. Caracterização da Linha B

O departamento de embalagem é composto por cinco linhas, no entanto este estudo foi apenas aplicado à linha B, a linha mais avançada tecnologicamente alguma vez adquirida neste departamento.



Figura 4.2 Máquina B

A linha B do departamento de embalagem está equipada com uma máquina que ao contrário de outras linhas, é uma linha de montagem totalmente automatizada (Figura 4.2). A tecnologia incorporada oferece à linha uma vasta gama de produtos possíveis de embalar, dando à produção uma maior flexibilidade.

Esta máquina, divide-se em 3 estações fundamentais (Figura 4.4):

1. Blisterização - Formação de blisters e selagem do mesmo. Para além dos vários tamanhos possíveis, nesta linha é possível trabalhar com vários tipos de materiais de formação como Alumínio Laminado, PVC, PVC/PVDC e PVC/ACLAR PP.
2. Alimentador – Esta unidade alimenta os alvéolos dos blisters com comprimidos ou cápsulas. Nesta linha é possível embalar comprimidos ou cápsulas numa vasta gama de formatos (Figura 4.3) até aos 40 milímetros de comprimento que é o tamanho máximo de alvéolo de blister.



Figura 4.3 Formatos de cápsulas e comprimidos

3. Encartonadora – Empilhamento de blisters e juntamente com um folheto informativo colocação dentro de uma caixa de cartão. O número máximo de blisters por caixa são 10 unidades e o tamanho máximo de caixa e 105x105x155mm.

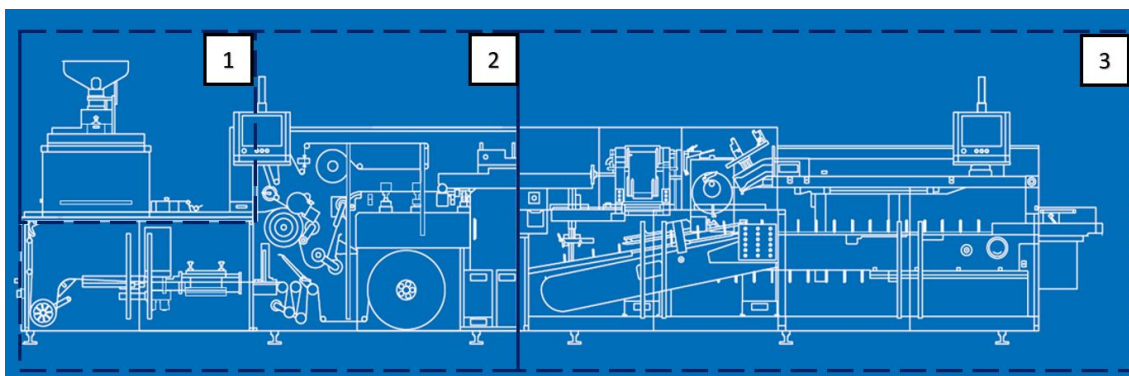


Figura 4.4 Divisão da máquina

A velocidade máxima teórica de embalagem nesta máquina são 300 blisters por minuto.

Para além da máquina de embalagem, esta linha ainda esta equipada com mais duas máquinas:

- Printer – Impressora que estampa diretamente na superfície, os dados varáveis como a identificação do lote, data de validade e preço, quando as caixas passam.
- Agrupadora – Agrupa conjuntos de caixas com uma película para que possam ser armazenadas mais facilmente.

#### 4.2.1. Componentes da linha B

##### Alimentador

Alimentação de Comprimidos (ponto 1 da Figura 4.5) - O produto é transportado em barricas e colocado num reservatório que alimenta a máquina de comprimidos ou cápsulas. O produto passa ainda por uma estação que segrega o pó e resíduos provenientes do fabrico ou do armazenamento. O movimento dos comprimidos é feito mediante a vibração de uma placa, por esta razão, esta estação tem o nome de prato vibratório.

Tipo de Alimentação (ponto 2 da Figura 4.5) - Existem dois tipos de distribuição de comprimidos pelos alvéolos, Simtap e Universal. O alimentador universal é usado usualmente em comprimidos mais pequenos, neste tipo de alimentação, os comprimidos são colocados numa caixa com escovas que mediante a rotação os distribui-os nos alvéolos. O Simtap coloca os comprimidos ou cápsulas dentro dos blisters mediante umas calhas que estacionam momentaneamente por cima dos alvéolos. Dentro dos dois tipos de alimentadores existem vários tipos de Simtap diferindo nas larguras dos tubos para cada tipo de cápsula ou comprimido.

### Blisterização

Formação (ponto 3 Figura 4.5) – O material de formação passa pela estação de formação onde são criados os alvéolos dos blisters mediante o punção por ar comprimido.

Selagem (ponto 4 Figura 4.5) - Um rolo de selagem a alta temperatura cria pressão sobre o alumínio que sela ao material de formação.

Estação Corte (ponto 5 Figura 4.5) - O material de formação passa por três peças, a marcação do Lote que cunha a informação do número do lote e validade, a vincagem que marca a perfuração que permite dividir o blister por alvéolos e finalmente o corte do blister que recorta a periferia do blister.

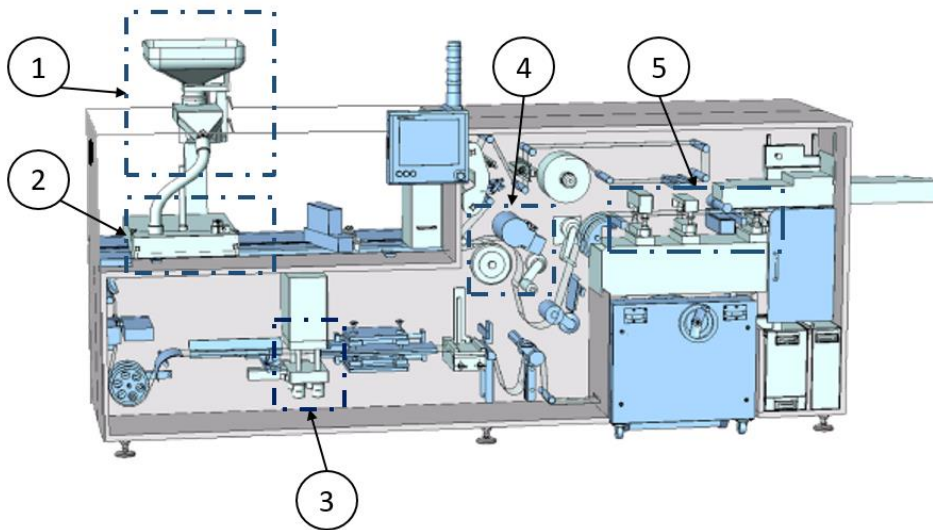


Figura 4.5 Componentes da blisteradora

### Encartonadora

A partir do momento em que blister obtém forma é transportado para a máquina secundária mediante um tapete. Os blisters são colocados numas calhas verticais que na parte inferior têm uns discos (ponto 1 Figura 4.6). Estes discos ao girarem fazem cair os blisters, cada volta dos discos dá passagem a um blister, deste modo é controlado o número de blisters. Este conjunto de blisters irá ser empurrado em conjunto com um folheto informativo (ponto 2 Figura 4.6) para dentro das caixas que foram previamente abertas por umas ventosas (ponto 3 Figura 4.6).

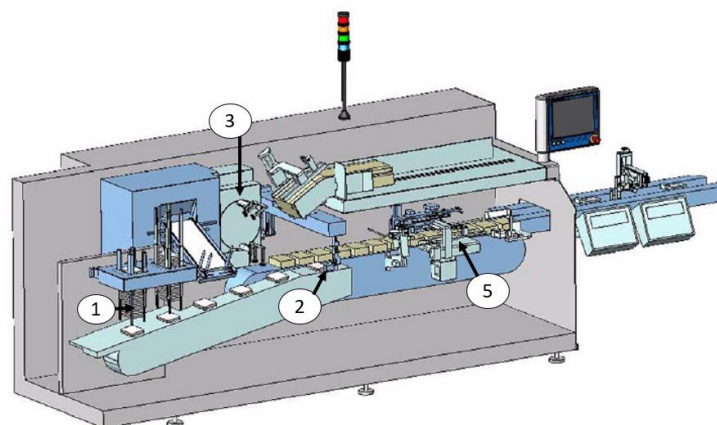


Figura 4.6 Componentes da Encartonadora

#### 4.2.2. Espaço

A máquina tem aproximadamente 8,4 metros e encontra-se numa sala de 46,56 m<sup>2</sup>. Para efeitos de caracterização, o espaço é dividido em primária e secundária (Figura 4.7):

- A Zona Primária corresponde à zona onde se encontra o Alimentador e Blisterização e todos os materiais necessários a estas, como material de formação e produto. Nesta parte da sala existe uma exposição direta do produto.
- A Zona Secundária corresponde à secção desde a Encartonadora à agrupadora. Quando os blisters entram nesta parte da sala, já se encontram selados e deixa de existir uma exposição direta do produto com o ambiente envolvente.

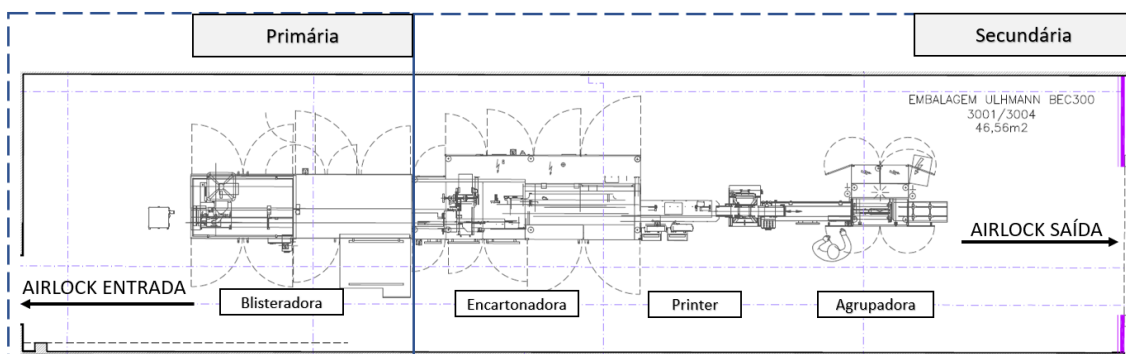


Figura 4.7 Divisão Da Linha B

A sala detém duas portas denominadas Air Lock porque impedem que exista uma circulação de ar quando fechadas. Estas duas saídas dão acesso a mais duas salas.

O airlock da primária dá acesso à uma sala chamada Airlock Entrada, e por esta zona é possível aceder à primária de outras linhas, a uma sala de lavagens, supervisão de embalagem, fabrico e armazém. Por este airlock entram todos os materiais necessários à primária como produto, material de formação ou selagem.

Pelo airlock da secundária é possível aceder a um espaço denominado Airlock Secundária que tem acesso direto ao armazém e à secundária apenas de outra linha. Por este airlock são alimentados todos os materiais necessários às máquinas da secundária, como por exemplo cartonagens, folhetos informativos, paletes etc.

#### 4.2.3. Air Flow

Existe uma diferença de pressões entre as 3 salas mencionadas anteriormente o Airlock Entrada tem uma pressão de 28Pa que é superior à pressão de 24Pa que está dentro da linha B e que por sua vez é superior ao Airlock Saída.

Sabendo que fluxo de ar é criado das pressões altas para as baixas, esta diferença de pressões existe entre as várias salas neste departamento com o objetivo das zonas que estão em contacto direto com o produto, não serem contaminadas. Nesta linha, existe um fluxo de ar da primária para secundária para que não exista a possibilidade de haver partículas que possam contaminar o produto que pode estar exposto na primária. O mesmo acontece em salas consideradas “zonas sujas” como a zona de lavagem de peças que está uma pressão inferior a qualquer outra sala deste departamento.

#### 4.2.4. Pessoal

No departamento de embalagem existem 5 funções diferentes:

- Operadores – Na linha B, operam, por turno, 2 pessoas, uma para a primária e uma para a secundária. Como normalmente a embalagem trabalha a 3 turnos diários, existe uma equipa de 6 operadores, 4 homens e 2 mulheres com idades compreendidas entre os 20 e 60 anos.
- Facilitadores de Turno – Existe uma equipa de 3 Facilitadores de Turno para poder cobrir os três turnos existentes. A função de esta equipa é auxiliar a produção com variadas tarefas como fazer pedidos de materiais ao armazém, operar a linha caso seja necessário ou auxiliar na lavagem de peças.
- Operadores de Manutenção – A manutenção é constituída por uma equipa de 8 elementos, a função de esta equipa é fazer manutenção preventiva e corretiva nas linhas e em algumas máquinas a própria afinação.
- Higienizadores – A limpeza das salas entre o embalamento de produtos diferentes para que não exista contaminação cruzada é efetuada por uma equipa de 4 operadores, em cada turno é garantida a presença de pelo menos um elemento. Esta equipa também se encarrega de fazer desinfeções semanais nas salas no último dia de produção de cada semana.
- Supervisores de Embalagem – A equipa de supervisão de embalagem, constituída por quatro elementos, tem a responsabilidade de garantir o bom funcionamento da produção estando em contacto com os restantes departamentos e certificando-se do cumprimento da qualidade do produto final.

#### 4.2.5. Produtos

No total existe uma gama de 197 produtos diferentes dos quais diferem na molécula, na dosagem, no número de blister por caixa (apresentação), no material de formação, no cliente, para além do formato e dimensão do blister e dimensão do folheto informativo.



Figura 4.8 Esquema dos Produtos da Linha B

Como referido na Tabela 4.8, existem 29 molécula diferentes, em que se separam em cápsulas ou comprimidos. Dentro de estas moléculas ainda existem várias dosagens diferentes, por exemplo, dentro do Ibuprofeno existe de 600mg, 400mg e 200mg. Nestes produtos, quando são em comprimido, o formato também varia, pois, o comprimido de maior dosagem é maior que o comprimido de menor dosagem. Posto isto, na linha B existem 29 moléculas diferentes, que devido às diferentes dosagens se transformam em 49 produtos diferentes que se distinguem em 30 formatos diferentes (ver Figura 4.8).

Estes 49 produtos, são embalados em 4 tamanhos diferentes de blister, 2 de estes tamanhos são exclusivamente para blister de PVC e os outros 2 são exclusivamente de OPA que é um compósito de polímero e alumínio. O número de comprimidos por blister também difere, havendo de 6, 7, 10 e 14. As apresentações diferem em número de blister por caixa sendo o mínimo 1 e máximo 10. Como existem 4 tamanhos diferentes de blister e 10 números diferentes de blister por caixa, existem 14 tamanhos diferentes de caixa. Estes produtos todos são embalados para 28 clientes diferentes.

#### 4.2.6. Formatos

Tal como abordado anteriormente, nesta linha existem 28 formas diferentes de comprimidos ou cápsulas, 4 tamanhos diferentes de blister que diferem no número de comprimidos que armazena para além do número de blister por caixa. Todas estas características diferentes em cada produto implicam o uso de diferentes peças na máquina. Por exemplo, para tamanhos diferentes de blister, serão necessários cortantes diferentes, assim como para formas diferentes de alvéolos serão necessárias formações diferentes de blister. O conjunto de todas as peças necessárias para o embalamento de um tipo de comprimido ou cápsula é denominado “Formato”, ou seja, todas as peças necessárias para embalar determinada forma de comprimido ou cápsula. Ainda que existam vários produtos diferentes, alguns partilham a mesma forma, por esta razão, alguns formatos são partilhados por vários produtos. No total, existem 18 formatos diferentes, em que alguns são partilhados por mais de que um produto. Para listar as componentes constituintes de um formato foi criado a Figura 4.9 referente aos componentes da máquina apresentados anteriormente:

Alimentação de Comprimidos	Tipo de Alimentação	Alimentador	Formação	Selagem	Estação Corte	Peças da Encartonadora	Peças Auxiliares
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tremonha</li> <li>•Reservatório de Resíduos</li> <li>•Sensores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Simtap</li> <li>•Alimentador Universal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mesa</li> <li>•Peças do Simtap</li> <li>•Peças do Alimentador Universal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Formação</li> <li>•Apoio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Rolo Index</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Mesa</li> <li>•Marcação do Lote</li> <li>•Vincagem</li> <li>•Cortante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Discos</li> <li>•Espátula</li> <li>•Empurrador</li> <li>•Guias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tubos de Aspiração</li> <li>•Escovas</li> <li>•Sensores</li> </ul>

Figura 4.9 Esquema de Formatos de Peças

No total existem mais de 200 peças diferentes em que cada formato necessita de por volta de 50 peças. A esquematização das peças é apresentada na Figura 4.10.

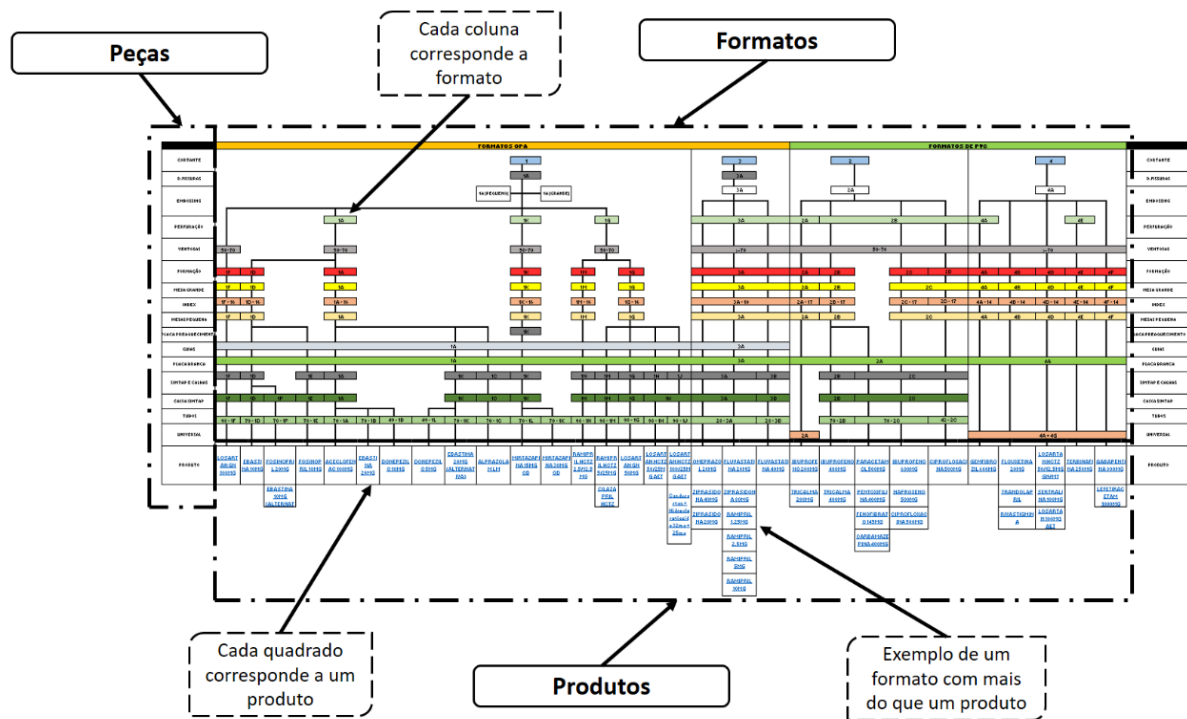


Figura 4.10 Diagrama de formatos de peças

#### 4.2.7. Plataforma OEE

Em 2016 foi instalado em todas as linhas da embalagem um sistema que permite calcular o OEE de cada máquina. Este sistema permite à direção monitorizar o panorama real da produção e atuar de acordo com as necessidades de cada máquina.

A sua utilização é bastante simples, os operadores apenas têm de selecionar a ação decorrente no ecrã (Figura 4.11), este divide-se em:

- Produção
- Manutenção Corretiva - ao carregar nesta opção aparece a opção de selecionar problemas mais frequentes como Problemas com Cortante ou Afinação da Alimentação
- Manutenção Programada - ao selecionar esta opção pode optar por Refeição, Manutenção Preventiva, Reunião ou outros
- Setup - São selecionadas mudanças Tipo 1, 2 e 3
- Esperas - consistindo em Esperas de Material, Esperas de Manutenção, Esperas de Higienização



Figura 4.11 Ecrã da plataforma de OEE

Os dados de cada linha são monitorizados num ecrã (Figura 4.12) disposto numa zona comum e visível à supervisão que poderá atuar de imediato, o mesmo acontece com a manutenção, em que a direção gere, conforme a prioridade, os técnicos para intervenção das máquinas.

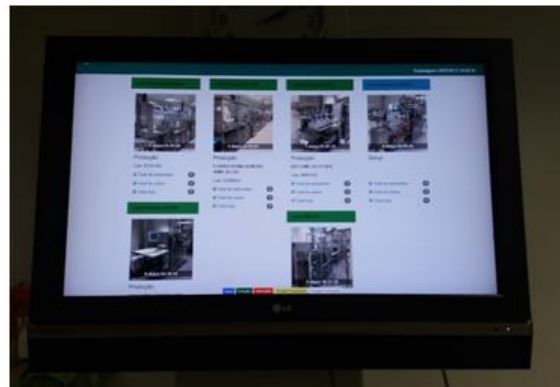


Figura 4.12 Monitorização do estado atual das linhas

Estes dados são todos dispostos em formato Excel com o tempo em que cada linha esteve com cada ação, mediante esta informação a direção poderá atuar de forma imediata nas maiores dificuldades encontradas.

### 4.3. Aplicação do Modelo

Neste capítulo é posto em prático o modelo de aplicação apresentado anteriormente. A aplicação é dividida em 4 subcapítulos referentes aos pontos do ciclo do modelo:

- Analisar
- Interpretar e Planear
- Criar
- Verificar

#### 4.3.1. Analisar

O primeiro passo na aplicação do modelo é “Analisar”, neste ponto são analisados todos os elementos da produção em estudo. Tal como anteriormente mencionado, esta primeira etapa é dividida em cinco pontos, conhecer, observar, distinguir, medir e comparar.

##### Conhecer

Como método de orientação, foram especificados dois importantes pontos, o primeiro é o conceito de “valor” na indústria em que se insere este tipo de mudanças, e a cadeia de valor, obtendo a percepção de como se processa e todos os seus agentes.

- Valor - O significado de valor de uma mudança é alteração dos componentes necessários ao embalamento de um produto da maneira rápida e eficaz nunca pondo em risco a segurança dos colaboradores nem a saúde do cliente, por exemplo, na indústria farmacêutica, a existência de contaminação cruzada tem de ser nula de modo a nunca por em causa a saúde do cliente.
- Cadeia de Valor – Ter uma visão geral de todos os intervenientes de uma mudança é importante para compreender o fluxo de valor e identificar os “criadores” de valor. Neste caso, o cliente é o planeamento de produção pois estas atividades são efetuadas para responder às suas necessidades. As atividades de um setup se fossem representadas numa cadeia de valor da produção passariam de cycle time para change over time. Na Figura 4.13 é representada a cadeia de valor de uma mudança.

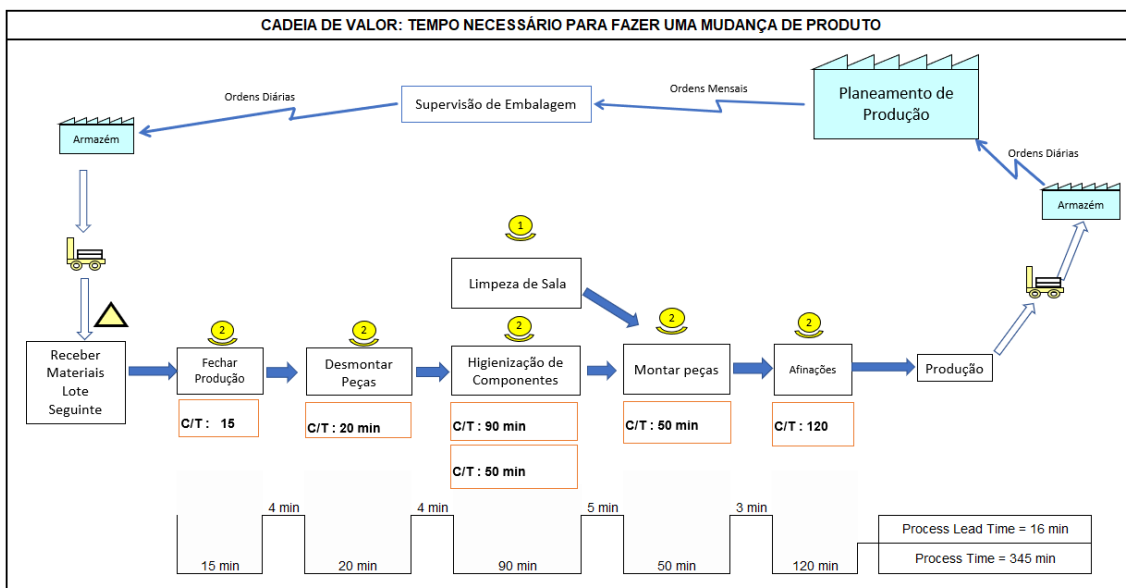


Figura 4.13 Cadeia de Valor de uma Mudança

## Observar

### Caracterização Setups na linha B

Todas as atividades necessárias a uma mudança de lote são descritas na lista mencionada abaixo:

1. **Finalizar produção**
  - **Preenchimento de documentação** – Documentação referente à produção que terminou, são preenchidas informações como a quantidade de unidades produzidas e rejeitadas e são recolhidas amostras da produção – Realizado pelos operadores da linha
  - **Limpeza dos produtos remanescentes de produção** - Remoção de produtos da linha que não chegaram a ser usados no processo de embalagem – Realizado pelos operadores da linha
2. **Desmontagem das peças da Máquina** - Remoção das peças usadas no embalagem – Realizado pelos operadores da linha
3. **Descontaminação da Máquina**
  - **Reunir Materiais necessários à limpeza da máquina** - A limpeza tem de ser feita com determinados produtos e cumprir determinadas G.M.P. para efetuar uma descontaminação correta – Realizado pelos operadores da linha
  - **Limpeza da Máquina** - Limpeza de todos os componentes da máquina com o objetivo da remoção de partículas do produto anterior e possíveis resíduos de material de embalagem. Esta atividade requer, tal como escrito nas normas, na zona da máquina diretamente exposto ao produto têm de ser efetuadas 3 passagens, limpeza com água morna e detergente descontaminante, água desmineralizada e álcool. A zona da máquina que não está em contacto direto com o produto como o caso da secundária apenas tem de ser sujeita a uma passagem com água desmineralizada. – Realizado pelos operadores da linha
4. **Limpeza da Sala** - Higienização da sala com o objetivo de remover possíveis partículas do produto anterior para que não exista contaminação cruzada, são limpas as paredes e chão – Realizado pelos Higienizadores
5. **Limpeza de Peças** - Lavagens das peças que saíram da linha e que serão usadas no lote seguinte – Realizado pelos operadores da linha
6. **Criação do Formato** – criação do conjunto de peças necessárias na produção seguinte – na linha B, é realizada pela manutenção
7. **Montagem de Peças na Máquina** - Colocar as peças na máquina para a produção – Realizado pelos operadores da linha
8. **Colocar Materiais na máquina** - Colocar produto e materiais de embalagem – Realizado pelos operadores da linha
9. **Afinações** - Com as peças e os materiais na máquina são efetuadas as afinações necessárias às características dos diversos elementos da produção seguinte – Realizado pelos operadores da linha
10. **Iniciar Produção** - Preencher a documentação de produção que irá iniciar e certificar que os materiais que estão a ser usados estão corretos – Realizado pelos operadores da linha

### Recolha de Dados

O primeiro passo na análise de tempos de setup na linha B é a recolha de dados, conhecer todos os procedimentos de cada atividade e o tempo de cada atividade é crucial, tal com disse William Edwards Deming, “O que não é medido não é gerenciado”.

Neste primeiro passo de recolha de dados foi criada uma tabela transversal a todos os setups (Figura 4.14) em que foram apontadas todas as atividades efetuadas em cada setup e o seu respetivo tempo. Dentro de estas atividades, foram divididas em atividades da secundária e da primária pois existem dois operadores a trabalhar em paralelo. Em anexo encontra-se a tabela utilizada no acompanhamento de setups.

Numa segunda análise começou a ser abordada todas os elementos dentro das atividades do setup.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Produto anterior: \_\_\_\_\_

Próximo produto: \_\_\_\_\_

**PROJETO SMED BEC**

MUDANÇA TIPO: \_\_\_\_\_

Primária			Início	Fim	Pax	Obs
Final do Lote Anterior (__:__) (__:__)	Retirar Materiais lote anterior					
	Retirar Resíduos					
Preencher Documentação (Processo)						
Deslocação Aquisição. Materiais						
Aspirar Zona de Alimentação						
Desmontagem (__:__) (__:__)	Retirar Peças	1º Bloco Superior	Tubos de Aspiração			
			Tubos e Tabuleiro			
			Prato Vibratório			
		1º Bloco Inferior	Tremonha			
			Estrutura			
			Alimentador Universal			
			Sintap			
			Escova e Aba de Segurança			
		2º Bloco	Mesa Grande			
			Mesa Pequena			
			Marcação Lote			
		3º Bloco	Vincagem			
			Corte			
			Rolo Index			
		Formação				

Figura 4.14 Documento usado na recolha de dados no acompanhamento de mudanças

No total foram contabilizados 93 elementos para as várias atividades diferentes existentes nos 3 tipos de setup.

### Distinguir

#### Tipos de Setup

O tipo de setup é caracterizado pelo número de elementos que serão alterados entre as duas produções. A informação do tipo de setup é registada pelos operadores na plataforma OEE, identificando se a mudança foi tipo 1, 2 ou 3. No total foram acompanhadas 37 mudanças, na Tabela 4.1 são apresentados os números referentes a cada tipo de setup.

Tabela 4.1 Número de Setups Acompanhados

Setups Acompanhados	
Tipo	nº
1	11
2.1	3
2.2	7
2.3	4
3	12
<b>Total</b>	<b>37</b>

### Setup Tipo 1

Os setups tipo 1 são mudanças em que a molécula é a mesma e que apenas são alteradas algumas características. Estas características são:

- Referencia do Lote – Em algumas mudanças todas os dados mantêm-se inalterados, no entanto, a referência do lote varia.
- Cliente – Casos em que o produto é o mesmo, mas o cliente é diferente.
- Dados Variáveis – Os dados variáveis são os dados que são impressos na caixa, normalmente contém a data de validade, o preço e a referência do lote. Esta informação varia consoante o país de venda, por exemplo, caso o lote seja para exportação, esta informação é alterada.
- Dosagem – No caso das cápsulas, a dosagem do princípio ativo é alterada, mas como a molécula é a mesma, não existe o risco de contaminação cruzada logo não há necessidade de higienização.

Nos setups tipo 1 apenas são alterados estes pontos não sendo necessário desmontar, montar ou afinar qualquer componente da máquina.

### Setup Tipo 2

Os setups tipo 2, consistem em mudanças de produto em que se mantem o tipo de alimentação e cortante do blister. Os elementos que mudam nos setups tipo 2 são:

- Alimentação – Dentro do mesmo tipo de alimentador pode ser alterada a alimentação como por exemplo diferente Simtaps
- Formação – O formato do blister, como número ou a dimensão dos alvéolos
- Centragem – Quando é especificado que o produto necessita que as ilustrações do alumínio de selagem estejam enquadradas com o alvéolo é necessário afinar os sensores da máquina para que façam essa correspondência. Esta características do produto é denominada “centragem”.
- Dimensão Cartonagens - A dimensão da cartonagem é alterada consoante o número de blisters por caixa
- Dimensão do Folheto Informativo – Dependendo do cliente e do produto a dimensão do folheto informativo também pode alterar

A principal diferença comparativamente aos setups tipo 1, é que estes setups requerem desmontagem e montagem de peças, limpeza de máquina, higienização e afinações para além das atividades que o setup tipo 1 já considera.

Uma dificuldade existente nos setup tipo 2 é a grande diversidade, o que leva a uma grande dispersão de tempos que dificulta a análise. Por esta razão, apenas para este estudo, esta mudança foi separada em 3 tipos consoante a sua natureza.

#### Setup Tipo 2.1

Setup em que é apenas necessário alterar a secundária envolvendo afinações apenas neste ponto. Esta alteração costuma ser feita devido à alteração da apresentação do produto, por exemplo, alteração de 2 para 6 blisters por caixa.

#### Setup Tipo 2.2

Setup em que é alterada a primária e a secundária à semelhança da descrição anterior de tipo 2.

### Setup Tipo 2.3

Setups em que o produto seguinte usa o mesmo formato, neste caso, é necessário que todas as peças envolvidas no processo sejam higienizadas e retornem para a linha. A limpeza de peças nestes setups são mais morosas, no entanto as afinações costumam ser menores.

### Setup Tipo 3

Para que seja considerado um setup tipo 3, apenas tem de mudar:

- Cortante – a dimensão do blister é alterada
- Tipo de Alimentador – Passagem de alimentador universal para Simtap ou vice-versa

Nestes setups apenas estes dois pontos são considerados porque quando estes são alterados, implica que a dimensão da cartonagem, a alimentação e a formação também seja alterada em conjunto. Estes setups possuem as montagens e desmontagens mais morosas e um maior número de afinações de componentes para além de todas as atividades efetuadas nos outros setups.

### Medir

A recolha de informação foi dividida em dois focos, as atividades Macro e os elementos que as compõe denominadas por atividades Micro. Como é possível ver na Figura 4.14 existem dois campos para preencher, os campos do lado esquerdo são preenchidos com o início e fim de cada atividade Macro, os campos da direita são preenchidos com o início e fim de cada atividade micro. Esta comparação de tempos foi efetuada com dois propósitos, identificação de “muda” que não acrescentava valor, mas aumenta o tempo da atividade e notificar caso fosse necessário identificar algum elemento que não estava a ser contabilizado.

### Finalizar Lote

A finalização de lote, tal com anteriormente abordado, consiste no preenchimento de documentação e remoção de resíduos remanescentes à produção anterior. Analisando a Tabela 4.2, este é a única atividade que mantém todos os elementos transversalmente a qualquer mudança. No caso dos setups 2.1, 2.2 e 2.3, ainda que a amostra não tenho dados suficientes para serem representativos, são apresentados na Tabela 4.2 a sua média.

Tabela 4.2 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Finalizar Lote"

	Fim do lote - Tempo Médio [min]				
	Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
Primária	9,94	11,50	10,86	16,33	13,00
Secundária	11,25	7,86	14,33	8,33	12,00

Os tempos entre a primária e secundária diferem no preenchimento de documentação porque o produto acabado é removido pelo airlock da secundária, o operador desta máquina tem de preencher documentação referente ao produto criado e desperdiçado assim como recolher e identificar amostras.

Tanto na primária como na secundária existem os mesmos 3 elementos (Tabela 4.3), preenchimento de documentação, retirar materiais que não foram usados e remoção de resíduos.

Tabela 4.3 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da finalização de lote

		Média [min]	
		Primária	Secundária
Primária - Final do Lote Anterior	Preencher Documentação (Processo)	4,33	8,41
	Retirar Materiais lote anterior	3,57	3,30
	Retirar Resíduos	3,14	1,94
Total		11,04	13,65

### Desmontagem

O processo de desmontagem está muito condicionado ao tipo de setup, no entanto, entre a primária e a secundária também diferem bastantes pois a secundária, caso o tamanho de cartonagem ou blister seja alterado, apenas terá de retirar 5 peças relativamente pequenas e leves enquanto que a primária terá de retirar em média 20 peças de vários tamanhos e em que algumas pesam mais de 10 quilos. As médias de esta atividade são contabilizadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Desmontagem"

	Desmontagem - Tempo Médio [min]				
	Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
<b>Primária</b>			12,40	17,00	18,62

O tempo das peças que são necessárias ser retiradas da primária estão contabilizadas na Tabela 4.5. Por norma, todos os blocos são sempre substituídos com a exceção de algumas peças comuns.

Tabela 4.5 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Desmontagem"

			Média [min]	
			2.2 2.3 3	
Primária - Desmontagem	Deslocação Aquisição. Carrinhos		2,67	
	Aspirar Zona de Alimentação		1,90	
	Retirar Peças	1º Bloco Superior	Tubos de Aspiração	0,93
			Tubos e Tabuleiro	1,24
			Prato Vibratório	1,33
			Tremonha	0,75
		1º Bloco Inferior	Sintap	3,67
			Escova e Aba de Segurança	1,83
			Mesa Grande	1,21
		2º Bloco	Mesa Pequena	0,40
			Marcação Lote	0,45
			Vincagem	0,38
	3º Bloco	Corte	0,43	
		Rolo Index	0,93	
	Formação		1,30	
	Desmontar Sintap		6,67	
Total		26,08		

Um ponto interessante de salientar é que a construção da máquina teve em consideração aberturas fáceis na desmontagem e montagem da mesma, apenas numa peça do formato é que é necessário utilizar uma ferramenta no processo de desmontagem. Por esta razão, é possível notar na tabela, muitas peças demoram cerca de um minuto para desmontar, apenas a estrutura que é um elemento pesado e é necessário recorrer a um suporte extra para fazer a desmontagem é que é mais moroso.

### Descontaminação da Máquina

Tal como referido anteriormente na descrição das atividades, para eliminar a possibilidade de contaminação cruzada, têm de ser cumpridas determinadas normas (G.M.P.).

O processo é igual em qualquer setup que seja requerido esta ação, ambas as partes da máquina são passadas com ar comprimido em zonas de difícil acesso e aspiradas (Tabela 4.7), este processo tem o objetivo de retirar restos de produto ou de material de formação que possam ter ficado no interior durante a produção. Os tempos desta primeira etapa inicial é chamada “Limpeza Inicial da Máquina” (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Limpeza Inicial da Máquina"

	<b>Limpeza da Máquina Inicial - Tempo Médio [min]</b>				
	Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
<b>Primária</b>	4,44	6,00	8,67	3,50	4,43
<b>Secundária</b>	5,64	4,75	5,83	7,00	5,36

Tabela 4.7 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Limpeza Inicial da Máquina"

		<b>Média [min]</b>	
		Primária	Secundária
Limpeza Primária da Máquina	Ar Comprimido	4,17	4,04
	Aspirar	4,00	5,50
<b>Total</b>		<b>8,17</b>	<b>9,54</b>

A segunda etapa é chamada “Limpeza Final da Máquina” (Tabela 4.8), neste ponto, o processo de limpeza da máquina na primária e na secundária diferem, pois, a secundária como não está exposta ao produto, apenas é submetida a uma passagem de água desmineralizada enquanto que a primária é sujeita às 3 passagens (Tabela 4.9).

Tabela 4.8 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Limpeza Final da Máquina"

	<b>Limpeza da Máquina Final - Tempo Médio [min]</b>				
	Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
<b>Primária</b>	<del> </del>	<del> </del>	35,00	28,33	36,80
<b>Secundária</b>	<del> </del>	<del> </del>	11,67	13,67	10,95

No início deste processo é necessário a aquisição de um balde de água morna com detergente, um balde de água desmineralizada, álcool e pano.

Tabela 4.9 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Limpeza Final da Máquina"

		<b>Média [min]</b>	
		Primária	Secundária
Limpeza Final da Máquina	Deslocação Aquisição. Materiais	3,33	2,50
	água & detergente	16,62	9,86
	água desmineralizado	11,18	
	Limpeza elevador	2,67	
<b>Total</b>		<b>33,80</b>	<b>12,36</b>

A passagem com álcool na primária foi contabilizado em conjunto com a passagem de água desmineralizada pois separação de tempos entre estas duas passagens tornava-se numa tarefa difícil quando não era feito em separado.

#### Montagem

À semelhança da desmontagem este processo difere bastante no tipo de setup e entre primária e a secundária (Tabela 4.10), as razões que explicam este facto são as mesmas da desmontagem. Neste processo, foi também incluído na montagem a colocação dos materiais na máquina.

Tabela 4.10 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Montagem"

	Montagem - Tempo Médio [min]				
	Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
<b>Primária</b>	14,18	12,29	57,43	31,00	46,92
<b>Secundária</b>	11,44	25,25	19,67	11,00	24,50

Nas tabelas Tabela 4.11 e Tabela 4.12 estão especificados todos os elementos deste processo em ambas as máquinas.

Tabela 4.11 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Montagem" da primária

			Média [min]		
			1  2.1	2.2 2.3 3	
Primária - Montagem	Preencher Documentação (Vazio de Linha)			2,55	
	Montar Peças	1º Bloco Superior	Tubos de Aspiração	2,67	
			Tubos e Tabuleiro	1,08	
			Prato Vibratório	1,60	
			Tremonha	1,33	
		1º Bloco Inferior	Sintap	3,00	
			Escova e Aba de Segurança	1,25	
			Mesa Grande	2,12	
		2º Bloco	Mesa Pequena	0,69	
			Marcação Lote	3,26	
			Vincagem	3,58	
			Corte	0,60	
		3º Bloco	Rolo Index	1,07	
	Formação		1,60		
	Carregar Material	Deslocação Aquisição. Materiais		1,69	1,69
		Produto		4,77	4,77
		Material			7,50
		Selagem		3,78	3,78
		Preencher Documentação (Processo)		4,85	4,85
	<b>Total</b>			<b>18,35</b>	<b>48,98</b>

Tabela 4.12 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Montagem" da secundária

		Média [min]			
		1	2.1 2.2 2.3 3		
Secundária - Montagem	Preencher Documentação (Vazio de Linha)		4,00	4,00	
	Montar Peças			1,50	
	Carregar Material	Deslocação Aquisição. Materiais		1,79	1,79
		Cartonagens		4,28	4,28
		Literatura		2,60	2,60
		Preencher Documentação (Processo)		6,44	6,44
Total		19,10	20,60		

Os materiais quando entram para a linha tem de ser conferidos e preenchidas as documentações de produção com o propósito de identificar antecipadamente algum erro. Nesta etapa também é preenchido um documento chamado "Vazio de Linha" em que os operadores têm de confirmar que a máquina foi corretamente higienizada e não existe contaminação.

### Afinações

Nesta etapa, quanto mais componentes forem alterados mais longo se torna o processo. As afinações na primária tendem a crescer em mudanças tipo 3 pois o material de formação exige uma afinação mais minuciosa nomeadamente quando é alumínio.

Tabela 4.13 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Afinações"

	Afinações - Tempo Médio [min]				
	Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
<b>Primária</b>	21,00	22,71	57,43	101,00	98,31
<b>Secundária</b>	30,82	44,50	106,43	37,67	106,92

As afinações são o processo mais moroso de um setup (Tabela 4.13) pois dependem de vários fatores tais como o número de componentes que é necessário afinar, as características do material de formação ou do produto ou conhecimento e experiência dos operadores sobre a própria máquina. Existem alguns componentes que só são afinados quando a dimensão do blister é alterado (setup tipo 3) como o caso dos descarregadores de blisters (Tabela 4.14 e Tabela 4.15).

Tabela 4.14 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Afinação" da primária

		Média [min]					
		1	2.1	2.2 2.3	3		
Primária - Afinação	Parameterização Máquina		3,00	3,00	3,00	3,00	
	Afinação Máquina (Testes)	Fazer Blister em Vazio		4,17	4,17	4,17	4,17
		Material				10,00	10,00
		Corte				7,00	34,83
		Sintap				4,50	4,50
		Centragem			5,00	5,00	5,00
		Estanquicidade		4,00	4,00	4,00	4,00
		Rejeição		3,38	3,38	3,38	3,38
		Total		14,55	19,55	41,05	68,88

Tabela 4.15 Tempos Recolhidos das atividades micro da "Afinação" da secundária

		Média [min]			
		1	2.1 2.2 2.3	3	
Secundária - Afinação	Fazer Pedido	2,00	2,00	2,00	
	Parameterização Máquina		11,14	11,14	
	Afinação Máquina	Literatura		10,75	10,75
		Cartonagens		8,33	8,33
		Descarregadores Blisters			11,00
		Dados Variáveis	7,23	7,23	7,23
		Agrupadora		5,79	5,79
		Balança		6,50	6,50
		Rejeição	5,43	5,43	5,43
	<b>Total</b>		<b>14,66</b>	<b>57,16</b>	<b>68,16</b>

Nesta atividade, o tempo médio é superior ao somatório dos elementos pois, o número de componentes afinados difere entre setups consoante as necessidades e é frequente haver problemas de afinação que requerem mais tempo a solucionar tornando mais morosos e fazendo como que exista uma grande dispersão de valores.

Tal como Shingo afirmou na sua obra em 1985 que “testes e ajustes normalmente contabilizam 50% do tempo de setup”(Dillon & Shingo, 1985), este caso não é exceção, as afinações, contabilizam entre 40% a 50% dos tempos totais nos setups 2.2, 2.3 e 3.

#### Higienização

A Higienização (Tabela 4.16) divide-se em três etapas, conforme as G.M.P. exigem, uma higienização para que seja corretamente efetuada tem que contemplar três passagens na sala. Primeiro o chão é passado com um rodo com o objetivo de recolher todos os resíduos que possam ter caído durante a produção. A segunda passagem, consiste na limpeza das paredes com produto desinfetante e por último, na terceira a passagem, à semelhança da segunda, é feita a desinfecção do chão com o mesmo produto. Neste processo, os higienizadores de limpeza têm de percorrer toda superfície da sala. Todos os passos são registado na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Higienização"

Higienização - Tempo Médio [min]				
Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
23,67	22,00	65,00	62,00	60,92

Em setups tipo 1 e 2.1, os higienizadores limpam apenas o chão da sala para remover resíduos visto que são mudanças dentro do mesmo produto em que não existe contaminação cruzada, podendo ser notado a diferença de tempos na Tabela 4.16.

Tabela 4.17 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Higienização"

		Média [min]	
		1  2.1	2.2 2.3 3
Higienização	Chão	13,44	13,44
	Primária - Parede		8,75
	Primária - Chão	10,05	10,05
	Secundária - Parede		11,06
	Secundária - Chão	13,06	13,06
<b>Total</b>		<b>36,54</b>	<b>56,36</b>

## Limpeza de Peças

Á semelhança da limpeza da máquina, as limpezas de peças (Tabela 4.18) seguem o mesmo procedimento, estas têm de seguir os mesmos três passos regulamentados nas G.M.P., com água e detergente, água desmineralizada, e álcool na zona em contacto direto com o produto. A limpeza de peças é feita numa sala a parte chamada “Sala de Lavagens” onde está equipada com todos meios necessários à limpeza de peças do departamento.

Tabela 4.18 Tempos Recolhidos da atividade Macro "Limpeza de Peças"

Limpeza de Peças - Tempo Médio [min]				
Tipo 1	Tipo 2.1	Tipo 2.2	Tipo 2.3	Tipo 3
		48,00	68,67	27,11

O elemento mais moroso neste processo é a secagem de peças (Tabela 4.19), como os comprimidos e cápsulas são feitos para se desfazerem no organismo, terão o mesmo comportamento na presença de água, o que pode ter consequências como a destruição do próprio produto ou contaminar a máquina. É possível observar que no caso das mudanças tipo 3, a limpeza de peças é bastante mais rápida comparativamente a outras mudanças, isto deve-se ao facto de que nestes setups, existem menos peças comuns necessárias de entrar de novo em linha o que reduz o tempo da atividade.

Tabela 4.19 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da "Limpeza de Peças"

		Média [min]
Limpeza das Peças	Deslocação	2,25
	água & detergente	13,17
	água desmineralizado	13,17
	Alcool	6,75
	Secagem	20,00
Total		55,33

Os setups tipo 2.3 diferenciam-se principalmente por depender de uma limpeza de uma vasta quantidade de peças. A limpeza do simtap, por ser algo minucioso e com bastantes peças torna esta limpeza mais demorada (Tabela 4.20).

Tabela 4.20 Tempos Recolhidos das atividades micro integrantes da limpeza do Simtap

		Média [min]
Limpeza Sintap	Limpar	9,00
	Secar	24,50
	Montar	19,00
Total		52,50

## Comparar

### Análise Macro e Micro de Tempos

A comparação entre tempos macro e micro pode ser vista como uma comparação entre o valor teórico e prático pois os dados macro foram obtidos mediante uma média de todos os setups acompanhados em cada caso:

$$Tempo Macro = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x \quad (1)$$

Por exemplo a desmontagem do setup tipo 2.2:

$$\begin{aligned} & \text{Desmontagem Primária Setup Tipo 2.2} \\ & = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (\text{tempo desmontagem óbtidos apenas no setup Tipo 2.2}) \end{aligned} \quad (2)$$

Cada elemento que compõe os somatório dos dados micro foi óbtido mediante a média dessa atividade independetemente do setup em que foi desempenhada.

$$\text{Tempo Micro} = \sum \left( \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x \right) \quad (3)$$

Por exemplo, o tempo de Final de lote:

$$\begin{aligned} & \text{Tempo Micro Final de lote} \\ & = \left( \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \text{Preencher Documentação} \right) \\ & + \left( \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \text{Retirar Materiais lote anterior} \right) \\ & + \left( \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \text{Retirar Resíduos} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

O somatório dos tempos micro corresponde ao valor teórico que dessa atividade, neste caso, a diferença entre os tempos micro e os tempos macro pode ser vista como um possível desperdício “muda” no desempenho das atividades macro ou pode evidenciar que exista alguma incongruência na análise do tempo teórico.

#### Setup Tipo 1

Nos setups tipo 1, a maior diferença existente encontra-se nas afinações tanto da primária como da secundária (Tabela 4.21). As afinações, neste tipo de setup tais como nos restantes, são a atividade com maior diferença, este facto, deve-se a vários fatores, principalmente ao operador que executa. Ainda que neste setup os elementos de que compõe a atividade “Afinação” são apenas testes de estanquicidade e rejeição, fazer blisters em vazio e parametrização do sistema da máquina, estes podem ser mais ou menos demorados consoante a experiência do operador.

Tabela 4.21 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 1

Setup Tipo 1					
		ΣMicro [min]	Macro [min]	Δ [min]	Δ%
Tipo 1 - Primária	Final Lote	11,04	9,94	-1,10	11,07%
	Desmontagem	0,45	0,50	0,05	10,00%
	Limpeza Inicial	8,17	4,44	-3,72	83,75%
	Montagem	18,35	14,18	-4,17	29,44%
	Afinação	14,55	21,00	6,45	30,71%
	<b>Total</b>	<b>52,56</b>	<b>50,06</b>	<b>-2,50</b>	<b>4,99%</b>
Tipo 1 - Secundária	Final Lote	13,65	11,25	-2,40	21,34%
	Limpeza Inicial	9,54	5,64	-3,90	69,12%
	Montagem	19,10	11,44	-7,66	67,00%
	Afinação	14,66	30,82	16,16	52,44%
		<b>Total</b>	<b>56,95</b>	<b>59,15</b>	<b>2,20</b>
Higienização		36,54	22,67	-13,88	61,22%

Nesta etapa, a Higienização também se encontra um pouco desfasada entre o somatório de atividades Micro e a atividade Macro, ainda que por vezes, se deva ao operador em questão, a limpeza torna-se mais ou menos demorada consoante os resíduos existentes.

A desmontagem nos setups tipo 1 consiste apenas na remoção da marcação do lote e mudança do mesmo, as alterações dos dados são contabilizadas na montagem.

Analisando os totais dos tempos de cada máquina é possível notar que, no caso destas mudanças, não existem diferenças muito acentuadas, aproximadamente 3 minutos na primária e 15 na secundária. Esta pequena discrepância deve-se ao número de atividades que o setup envolve, quanto maior for o número, maior é o somatório de processos e por sequência de maior é o somatório das diferenças.

Na Figura 4.15 é apresentado um gráfico de Gantt com o valor das atividades macro, nesta imagem, é possível ver como as atividades estão sequenciadas neste tipo de setup.

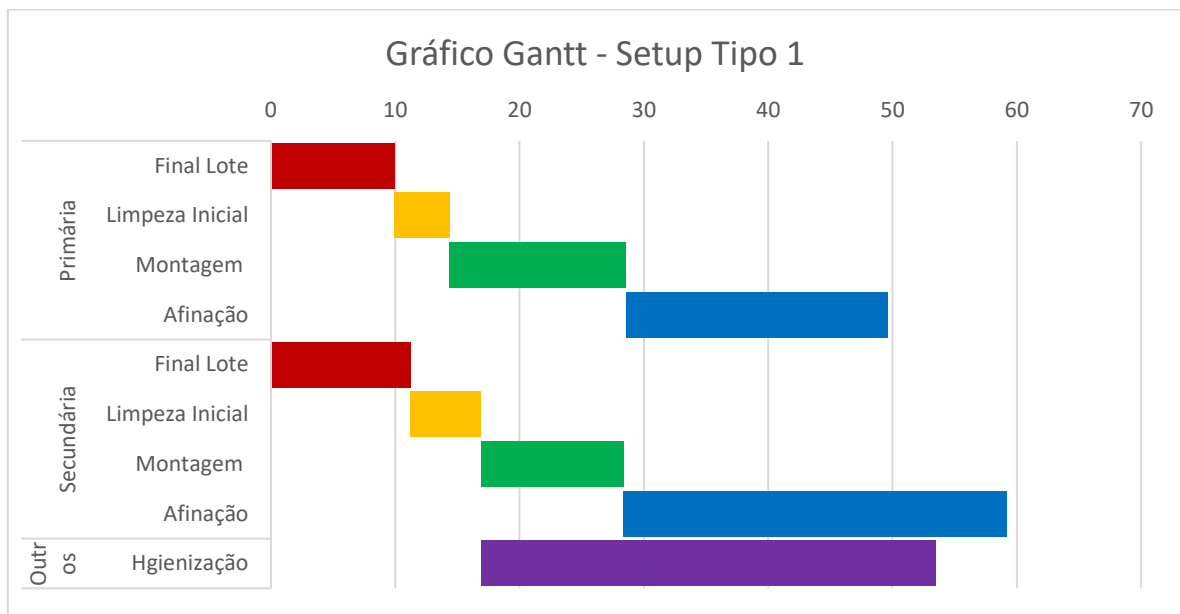


Figura 4.15 Gráfico Gantt Setup Tipo 1

## Setup Tipo 2

### Setup Tipo 2.1

As maiores diferenças encontradas nos setups 2.1 encontram-se na limpeza inicial e na higienização (Tabela 4.22). A limpeza Inicial e a higienização, tanto no setup 1 como 2.1 é procedida da mesma forma, por esta razão os tempos nos dois setups são semelhantes e a sua discrepância terá a mesma razão.

Tabela 4.22 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 2.1

Setup Tipo 2.1					
		$\Sigma$ Micro [min]	Macro [min]	$\Delta$ [min]	$\Delta\%$
Tipo 2.1 - Primária	Final Lote	11,04	11,50	0,46	3,99%
	Desmontagem	0,00	9,67	9,67	100,00%
	Limpeza Inicial	8,17	6,00	-2,17	36,11%
	Montagem	18,35	12,29	-6,06	49,35%
	Afinação	19,55	22,71	3,16	13,93%
	<b>Total</b>	<b>57,11</b>	<b>62,17</b>	<b>5,06</b>	<b>8,14%</b>
Tipo 2.1 - Secundária	Final Lote	13,65	7,86	-5,79	73,74%
	Limpeza Inicial	9,54	4,75	-4,79	100,92%
	Montagem	20,60	25,25	4,65	18,41%
	Afinação	57,16	44,50	-12,66	28,46%
	<b>Total</b>	<b>100,96</b>	<b>82,36</b>	<b>-18,60</b>	<b>22,59%</b>
Higienização		36,54	22	-15	68,01%

A limpeza inicial, semelhantemente a outros setups, apresenta sempre uma diferença similar de aproximadamente 5 minutos, no caso da primária é justificado com o facto de que este passo é por vezes adiantado dentro da desmontagem, por exemplo, quando os produtos não são revestidos libertam muitas partículas e a aspiração é feita à medida que são desmontadas as peças. Na secundária, dependendo da gráfica que fornece o material, as cartonagens libertam mais ou menos resíduos de cartão exigindo uma limpeza mais leve ou mais profunda.

À semelhança dos setups tipo 1 e devido a mesma razão, a diferença no total dos tempos de cada máquina é bastante reduzida, esta discrepância pode ser considerada residual e é justificável com o modo de cada operador executar cada ação.

No gráfico de Gantt (Figura 4.16) é possível notar que neste setups, ainda que com o mesmo número de atividades, os tempos estende-se até aproximadamente 90 minutos.

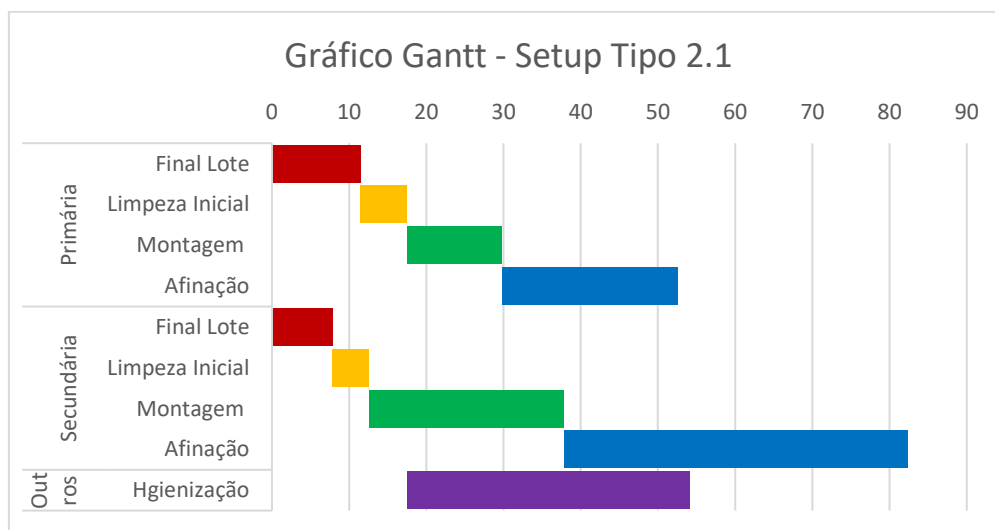


Figura 4.16 Gráfico Gantt Setup Tipo 2.1

### Setup Tipo 2.2

Os setups tipo 2.2 são mais complexos comparativamente aos anteriormente descritos. Nestes setups, a única atividade que mantem um tempo idêntico é o “Final Lote” e a “Limpeza Inicial”, pois são as únicas que mantêm o procedimento (Tabela 4.23).

Tabela 4.23 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 2.2

Setup Tipo 2.2					
		$\Sigma$ Micro [min]	Macro [min]	$\Delta$ [min]	$\Delta\%$
<b>Tipo 2.2 - Primária</b>	Final Lote	11,04	10,86	-0,18	1,70%
	Desmontagem	26,08	12,40	-13,68	110,35%
	Limpeza Inicial	8,17	8,67	0,50	5,77%
	Limpeza Final	33,80	35,00	1,20	3,44%
	Montagem	48,98	57,43	8,45	14,71%
	Afinação	41,05	118,33	77,28	65,31%
	<b>Total</b>	<b>169,12</b>	<b>242,69</b>	<b>73,57</b>	<b>30,31%</b>
<b>Tipo 2.2 - Secundária</b>	Final Lote	13,65	12,67	-0,98	7,77%
	Desmontagem	1,00	1,00	0,00	0,00%
	Limpeza Inicial	9,54	5,83	-3,71	63,60%
	Limpeza Final	12,36	11,67	-0,69	5,92%
	Montagem	20,60	19,67	-0,93	4,75%
	Afinação	57,16	106,43	49,26	46,29%
	<b>Total</b>	<b>99,67</b>	<b>143,60</b>	<b>43,93</b>	<b>30,59%</b>
Limpeza Peças		55,33	48	-7,83	16,49%
Higienização		56,36	65	9	13,49%

Nos dados apresentados (Tabela 4.23), é possível notar que existe mais uma atividade, a “Limpeza de Peças”. Esta atividade consiste na limpeza de peças da alimentação que têm de sair da linha, serem higienizadas e voltar para a linha pois são comuns a todos os produtos diferindo de todas as outras peças do formato. Este tema será abordado no Capítulo Criar.

Na mudança 2.2 e 2.3, o procedimento de montagem é igual, contudo, existe uma diferença de aproximadamente 13 minutos entre as macro e micro, esta diferença, deve-se ao facto de, em alguns setups o operador da secundária auxilia a desmontagem da primária o que reduz significativamente o tempo.

Ambas as máquinas têm um comportamento em comum, todas as atividades apresentam uma diferença residual comparativamente à diferença existente na atividade “Afinações”. As afinações da máquina são um problema em comum em todos os setups e em todas as linhas do departamento. Este facto não é facilmente justificável pois tem causas em vários fatores como, a experiência dos operadores, o tipo e qualidade material de formação ou a parametrização da máquina. Os tempos de afinação são sem dúvida os mais morosos e o principal fator da diferenciação dos tempos das atividades macro e micro.

Nos setups que envolve limpeza de peças, os dois operadores ausentam-se da sala e dirigem-se até à sala de lavagens para lavar as peças necessárias, isto, faz com que exista um intervalo de tempo com a sala vazia, onde a higienização costuma ocorrer. As peças limpas só podem entrar depois da sala ser higienizada. Ainda que, o somatório das atividades macro na Tabela 4.23 seja no máximo de 242,69 minutos, no gráfico de Gantt (Figura 4.17) é possível ver como tempo de setup chega a 300 minutos aproximadamente.

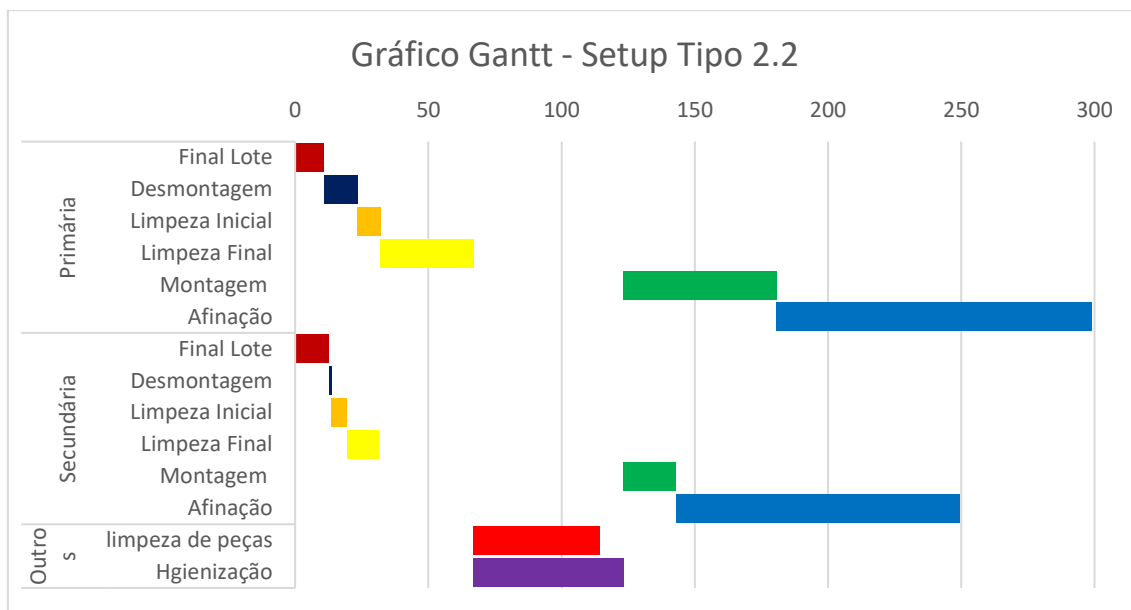


Figura 4.17 Gráfico Gantt Setup Tipo 2.2

### Setup Tipo 2.3

Os setup 2.3 são semelhantes aos setups 2.2, no entanto, tem a diferença que foi descrita anteriormente e por essa razão, nestes setup a limpeza de peças é superior a todos os outros setups. As maiores diferenças voltam a ser encontradas também nas afinações (Tabela 4.24).

Tabela 4.24 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 2.3

Setup Tipo 2.3					
		$\Sigma$ Micro [min]	Macro [min]	$\Delta$ [min]	$\Delta\%$
Tipo 2.3 - Primária	Final Lote	11,04	16,33	5,29	32,40%
	Desmontagem	26,08	17,00	-9,08	53,43%
	Limpeza Inicial	8,17	3,50	-4,67	133,33%
	Limpeza Final	33,80	28,33	-5,46	19,28%
	Montagem	48,98	31,00	-17,98	57,99%
	Afinação	41,05	101,00	59,95	59,36%
	<b>Total</b>	<b>169,12</b>	<b>197,17</b>	<b>28,05</b>	<b>14,23%</b>
Tipo 2.3 - Secundária	Final Lote	13,65	8,33	-5,32	63,81%
	Desmontagem				
	Limpeza Inicial	9,54	7,00	-2,54	36,34%
	Limpeza Final	12,36	13,67	1,31	9,58%
	Montagem	20,60	11,00	-9,60	87,28%
	Afinação	57,16	37,67	-19,50	51,76%
	<b>Total</b>	<b>99,67</b>	<b>69,33</b>	<b>-30,33</b>	<b>43,75%</b>
Limpeza Peças		55,33	68,67	13,33	19,42%
Higienização		56,36	62,00	5,64	9,10%

Unicamente, neste setup, na secundária, o tempo teórico das afinações excede o tempo prático (Tabela 4.24), neste caso, está a ser contabilizado o tempo da parametrização toda de secundária ainda que existam casos que alguns componentes não necessitam de afinação. Este tipo de setup ainda que seja o mais moroso, é pouco frequente e nos setups acompanhados, aconteceu que, por vezes, o tamanho da cartonagem ou dos folhetos informativos era igual e não era necessário afinar a máquina para essa alteração.

Os setups 2.3, à semelhança do que foi descrito anteriormente, apresentam um gráfico de Gantt (Figura 4.18) muito similar ao 2.2 com a diferença que a limpeza de peças é maior e que a desmontagem é menor porque as peças necessárias já estão na máquina.

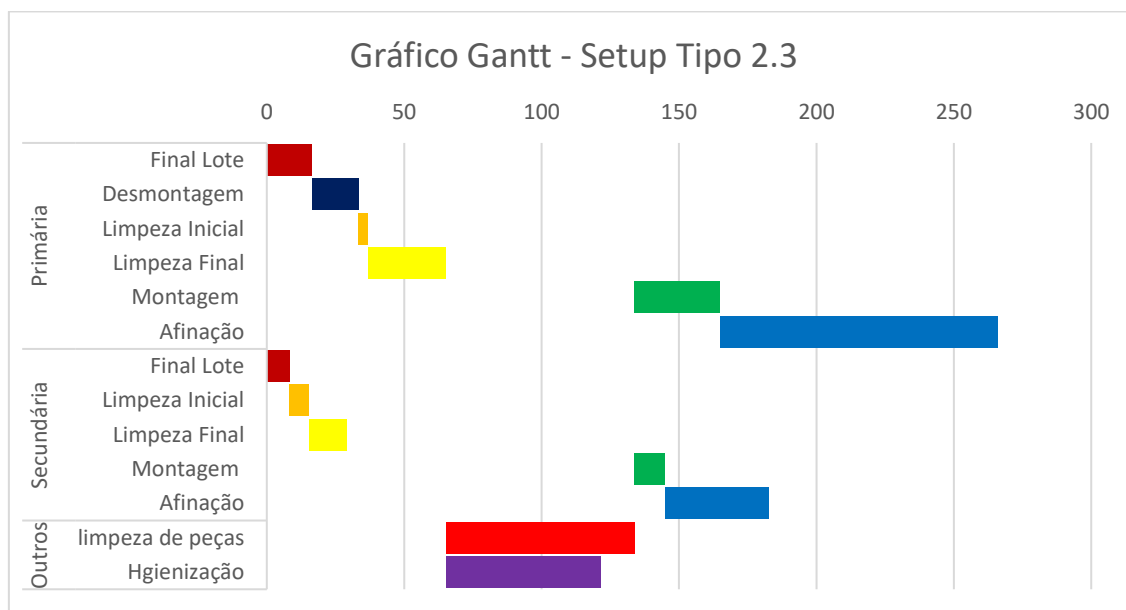


Figura 4.18 Gráfico Gantt Setup Tipo 2.3

### Setup Tipo 3

Os setups Tipo 3, são as mudanças mais morosas e este facto é refletido na apresentação das atividades macro. À semelhança dos setups tipo 2 (Tabela 4.23 e Tabela 4.24) é possível notar que a Desmontagem, Montagem e Afinação são sempre superiores devido a um maior número de componentes que é alterado e posteriormente afinado. As afinações tornam-se ainda mais morosas nestes setups com as mudanças de alguns componentes, como é o caso do corte nas afinações da primária (Tabela 4.25).

Tabela 4.25 Comparação de Tempos das atividades Macro e Micro - Setup Tipo 3

Setup 3					
		ΣMicro [min]	Macro [min]	Δ [min]	Δ%
Tipo 3 - Primária	Final Lote	11,04	13,00	1,96	15,07%
	Desmontagem	26,08	18,62	-7,47	40,11%
	Limpeza Inicial	8,17	4,43	-3,74	84,41%
	Limpeza Final	33,80	36,80	3,00	8,16%
	Montagem	48,98	46,92	-2,06	4,38%
	Afinação	68,88	98,31	29,42	29,93%
	<b>Total</b>		<b>196,95</b>	<b>218,07</b>	<b>21,12</b>
Tipo 3 - Secundária	Final Lote	13,65	12,00	-1,65	13,76%
	Desmontagem	0,00	4,00	4,00	100,00%
	Limpeza Inicial	9,54	5,36	-4,18	77,93%
	Limpeza Final	12,36	10,91	-1,45	13,27%
	Montagem	20,60	24,50	3,90	15,91%
	Afinação	68,16	106,92	38,75	36,24%
	<b>Total</b>		<b>124,32</b>	<b>163,69</b>	<b>39,37</b>
Limpeza Peças		55,33	27,11	-28,22	104,10%
Hgienização		56,36	60,92	4,56	7,49%

Existem dois tipos de setups tipo 3, os que o tipo de alimentação é mudado de Simtap para Alimentador Universal e os que a alimentação se mantém inalterado mudando apenas o cortante. No primeiro caso as atividades macro e micro crescem aproximadamente 11 minutos na desmontagem, montagem e limpeza da máquina pois o alimentador também é retirado e limpo. Como será visto no ponto Análise de Setups, esta mudança não é muito frequente, e não se reflete na média das atividades macro, por esta razão, estas atividades foram retiradas da comparação, sendo observadas em separado.

À semelhança dos setups tipo 2.2, a diferença entre os tempos totais é fortemente justificável com a grande diferença das afinações.

Os setups tipo 3, representados na Figura 4.19, são semelhantes aos setups tipo 2.2 com a diferença dos tempos médios de cada atividade, uma atividade que é bastantes notória é a limpeza de peças.

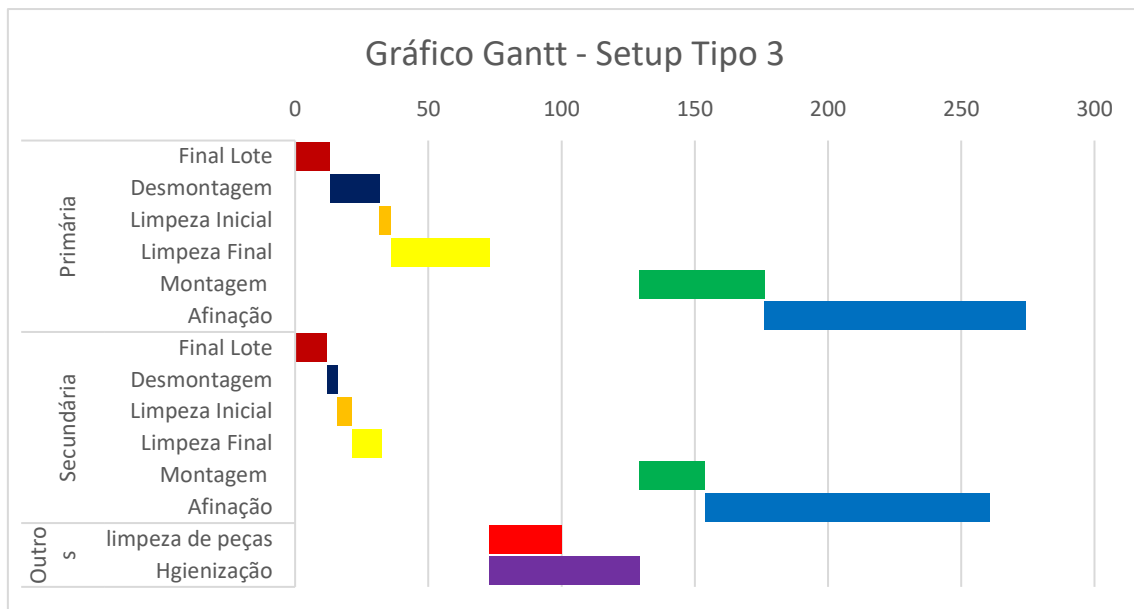


Figura 4.19 Gráfico Gantt Setup Tipo 3

#### Análise 2016 2017

Recorrendo a uma frase de Confúcio “Se queres prever o futuro, estuda o passado” é possível explicar a razão de analisar os últimos dois anos. Com o objetivo de compreender as mudanças na linha B, foram detalhados todos os setups decorrentes. Como foi anteriormente mencionado, no ano 2016 foi instalado a plataforma de OEE em todas as linhas. Sempre que começa um produto, os operadores registam o produto que está a ser embalado, para cada produto, o sistema, armazena a informação sobre a mudança que houve, as paragens de manutenção e os tempos de cada elemento.

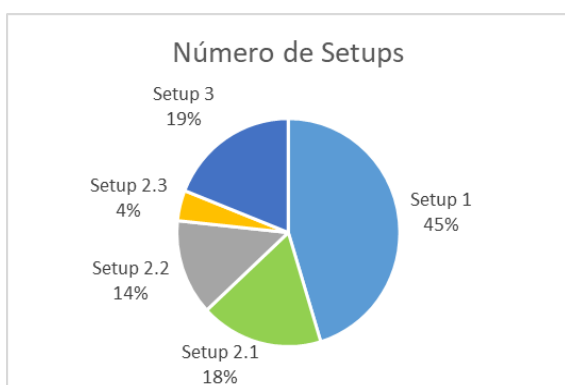
Esta análise terá em atenção o número de setups, os tempos registados, o número de mudanças de cada elemento e principais problemas. Na Tabela 4.26, é possível ver os dados registados de cada setup no período compreendido entre 1 de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2017.

Tabela 4.26 Número de Setups nos anos 2016 e 2017

	2016 & 2017		
	nº	Tempo Médio	Tempo Total
<b>Setup 1</b>	<b>367</b>	<b>01:03:38</b>	<b>389:16:18</b>
<b>Setup 2.1</b>	<b>144</b>	<b>02:04:13</b>	<b>296:03:56</b>
<b>Setup 2.2</b>	<b>110</b>	<b>03:49:39</b>	<b>421:01:23</b>
<b>Setup 2.3</b>	<b>35</b>	<b>04:47:22</b>	<b>167:37:47</b>
<b>Setup 3</b>	<b>154</b>	<b>05:53:02</b>	<b>906:07:27</b>
<b>Total</b>	<b>810</b>		<b>2180:06:51</b>

### Análise de Setups

Nestes dois anos, houve um total de 810 mudanças, e foram gastas 2180 horas e 6 minutos em setup. No entanto, ainda que 45% das mudanças sejam tipo 1 (Figura 4.21), apenas corresponde a 18% do tempo total (Figura 4.20), enquanto que 41% do tempo perdido corresponda aos setups tipo 3 (Figura 4.20) que representa apenas 19% das mudanças (Figura 4.21). Neste estudo, será possível notar a diferença de médias de tempo entre setup tipo 2.1, 2.2 e 2.3 por esta razão, nesta análise foi efetuada essa divisão, ainda que sejam todos contabilizados como



tipo 2.

Figura 4.21 Percentagem de Setups em 2016 e 2017

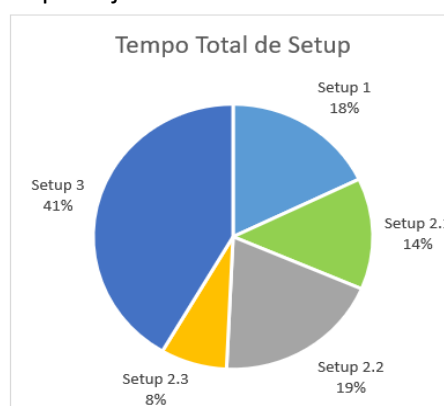


Figura 4.20 Tempo total de Setups em 2016 e 2017

### 2016

Em 2016 foram despendidas 1059 horas e 5 minutos em 375 setups (Tabela 4.27), conforme na análise bianual e conforme será visto em 2017, o maior número de mudanças são tipo 1 e o maior somatório de tempo é nos setups tipo 3 (Figura 4.22).

Tabela 4.27 Dados de Mudanças decorrentes em 2016

2016			
	Número	Tempo Médio	Tempo Total
<b>Setup tipo 1</b>	166	01:07:21	186:20:02
<b>Setup tipo 2.1</b>	69	02:11:57	149:33:05
<b>Setup tipo 2.2</b>	51	04:03:42	207:08:36
<b>Setup tipo 2.3</b>	12	05:32:57	66:35:23
<b>Setup tipo 3</b>	77	05:52:09	451:55:38
<b>Total</b>	375		1059:05:20

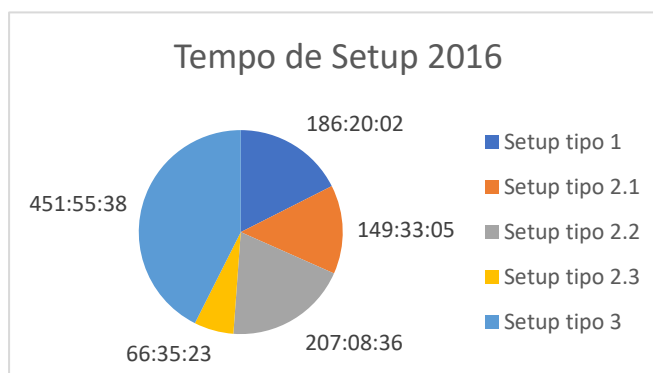


Figura 4.22 Número de horas das mudanças decorrentes em 2016

2017

O ano de 2017 teve um crescimento de 16% face ao número de mudanças (Tabela 4.28 e Figura 4.23). Comparando os tempos médios, os setups tipo 1, 2.1 e 3 têm uma diferença de apenas alguns minutos, no entanto, por razões desconhecidas, os setups tipo 2.2 e 2.3 tem uma diferença considerada.

Tabela 4.28 Dados de Mudanças decorrentes em 2017

2017			
	Número	Tempo Médio	Tempo Total
Setup tipo 1	201	01:00:35	202:56:16
Setup tipo 2.1	75	01:57:13	146:30:51
Setup tipo 2.2	59	03:37:30	213:52:47
Setup tipo 2.3	23	04:23:35	101:02:24
Setup tipo 3	77	05:53:55	454:11:49
<b>Total</b>	<b>435</b>		<b>1120:37:09</b>

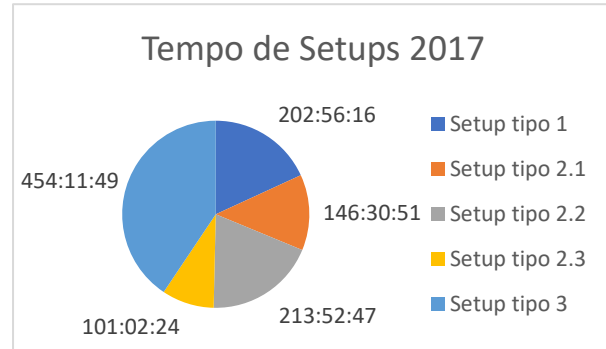


Figura 4.23 Número de horas das mudanças decorrentes em 2017

#### Setup Tipo 1

Os setups Tipo 1 são os setups com mais registos e com menos dispersão em termos de tempo, dos 367 setups tipo 1 registados nos últimos 2 anos, 62,3% encontram-se entre 0 e 1 horas e 30,5% entre 1 e 2 horas (Figura 4.24).

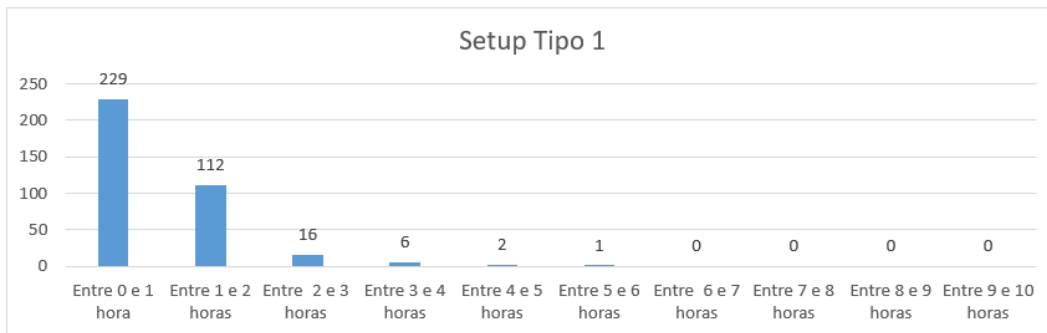


Figura 4.24 Duração de setups tipo 1 no período de 2016 e 2017

#### Setup Tipo 2.1

Das 143 mudanças registadas pela plataforma 48,85% encontram-se entre 1 e 2 horas, seguido por 25,17% dos registos entre as 2 e 3 horas (Figura 4.25). A medida que as mudanças crescem na sua complexidade, a sua dispersão aumenta.

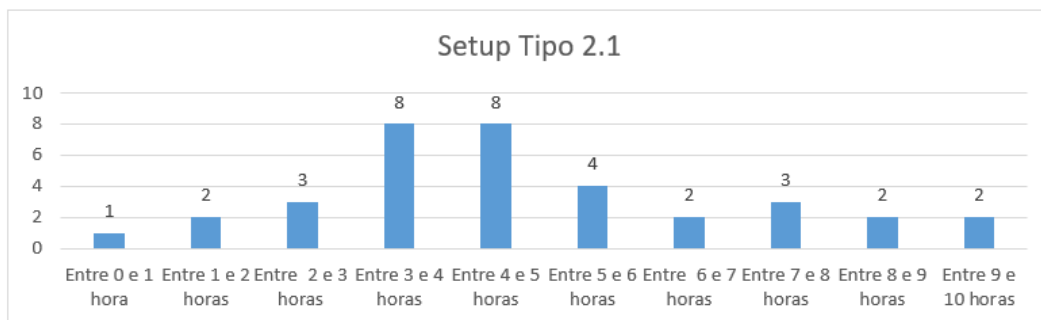


Figura 4.25 Duração de setups tipo 2.1 no período de 2016 e 2017

### Setup Tipo 2.2

Os setups 2.2 são a mudança com maior dispersão, dos 110 registados 85,45% encontram-se entre 1 e 6 horas, havendo a maior percentagem entre 2 e 3 horas, mas apenas representando 21,82% do total. As categorias de 1 a 2 horas, 3 a 4 horas, 4 a 5 horas e 5 a 6 hora encontram-se todas entre 13% a 18% (Figura 4.26).

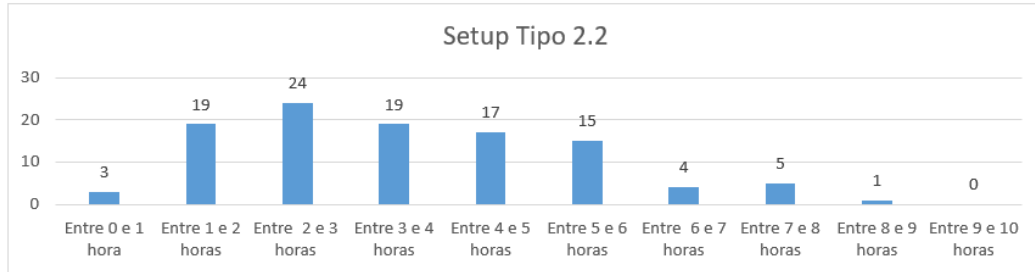


Figura 4.26 Duração de setups tipo 2.2 no período de 2016 e 2017

### Setup Tipo 2.3

Os setups 2.3 são a mudança menos frequente, registando apenas 35 entradas, no entanto é notório que se distinguem das outras mudanças nos seus tempos. Assim com representado na Figura 4.27, 35 registos, 82,86% encontram-se entre as 3 e 10 horas, sendo que entre as 3 e as 5 horas se encontram 45,71% de todos os registos efetuados.

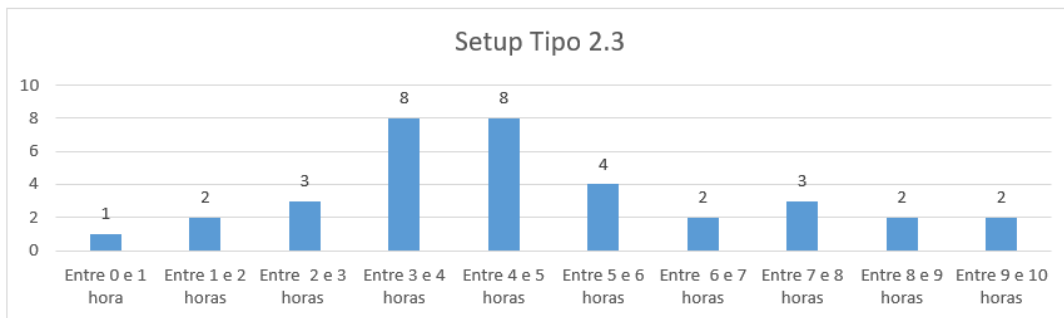


Figura 4.27 Duração de setups tipo 2.3 no período de 2016 e 2017

### Setup Tipo 3

Nestas mudanças, é notório que quanto maior a complexidade, mais extenso se tornam as mudanças (Figura 4.28). Este setup é o segundo com mais registos havendo um total de 153 entradas no sistema, no entanto, nenhuma categoria é representativa dos tempos, sendo que o maior número de registos se encontra entre as 6 e 8 horas representando apenas 22,88% do total, ainda assim, 79,08% dos registos encontram-se entre as 3 e 10 horas.

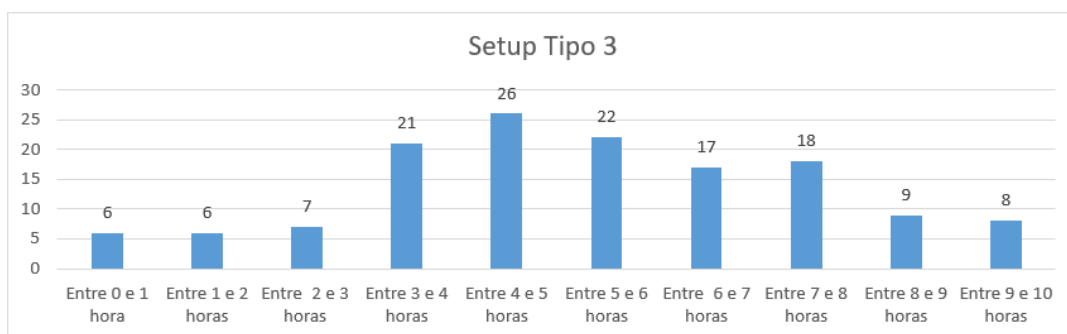


Figura 4.28 Duração de setups tipo 3 no período de 2016 e 2017

## Produtos

Por uma questão de sigilo não se pode revelar o nome dos produtos nem o nome dos clientes, por esta razão foram criados nomes fictícios.

No período de 2 anos foram embalados 811 lotes de 51 produtos diferentes para 21 clientes distintos.

Esta análise teve objetivo de conhecer os produtos mais repetidos e para tal foi abordada o princípio de Pareto concluindo que 78,18% da produção neste período corresponde 12 produtos que representam 23,53% dos produtos embalados (Tabela 4.29). Os 12 produtos referidos correspondem a 7 moléculas diferentes em que a dosagem é alterada.

Tabela 4.29 Produtos mais produzidos na linha B

Produto	nº lotes	% nº lotes	Σ % nº lotes	nº	Σ nº	Pareto
MOLÉCULA A 600mg	140	17,26%	17,26%	1	1,96%	19,22%
MOLÉCULA B	114	14,06%	31,32%	2	3,92%	35,24%
MOLÉCULA C 20mg	91	11,22%	42,54%	3	5,88%	48,42%
MOLÉCULA A 400mg	83	10,23%	52,77%	4	7,84%	60,62%
MOLÉCULA D	44	5,43%	58,20%	5	9,80%	68,00%
MOLÉCULA E 0,5mg	38	4,69%	62,89%	6	11,76%	74,65%
MOLÉCULA C 10mg	28	3,45%	66,34%	7	13,73%	80,06%
MOLÉCULA F	28	3,45%	69,79%	8	15,69%	85,48%
MOLÉCULA G 15mg	20	2,47%	72,26%	9	17,65%	89,90%
MOLÉCULA E 1mg	19	2,34%	74,60%	10	19,61%	94,21%
MOLÉCULA G 30mg	16	1,97%	76,57%	11	21,57%	98,14%
MOLÉCULA E 2mg	13	1,60%	78,18%	12	23,53%	101,70%

## Formatos

No ponto 4.2.6 Formatos foi abordado que existiam 18 formatos diferentes e que eram partilhados por mais do que um produto. Este ponto visa caracterizar os formatos mais usados durante estes dois anos.

Entre 2016 e 2017 foram embalados 811, no entanto, serão apenas apresentados dados de 809 por falta de informação de produtos que foram descontinuados. No total, 350 em OPA e 459 em PVC, 66 em alimentador universal e 745 em simtap, ou seja, apenas 8,14% em alimentador universal.

Tabela 4.30 Formatos usados no período de 2016/2017

2016 & 2017						
Formato	nº	%	Σ%	nº	nº%	Pareto
2C	310	38,32%	38,32%	1	7,14%	45,46%
1A	135	16,69%	55,01%	2	14,29%	69,29%
2B	83	10,26%	65,27%	3	21,43%	86,69%
1C	70	8,65%	73,92%	4	28,57%	102,49%
4A+4G	56	6,92%	80,84%	5	35,71%	116,55%
3A	38	4,70%	85,54%	6	42,86%	128,39%
1K	36	4,45%	89,99%	7	50,00%	139,99%
1D	27	3,34%	93,33%	8	57,14%	150,47%
1E	14	1,73%	95,06%	9	64,29%	159,34%
2A	10	1,24%	96,29%	10	71,43%	167,72%
1H	9	1,11%	97,40%	11	78,57%	175,98%
1M	9	1,11%	98,52%	12	85,71%	184,23%
1N	6	0,74%	99,26%	13	92,86%	192,12%
3B	6	0,74%	100,00%	14	100,00%	200,00%

Na Tabela 4.30 é possível ver a verde os formatos com simtap e os produtos com a alimentador universal a vermelho. Dos 18 existentes, 14 foram usados, também nos formatos, é possível identificar o princípio de Pareto em que aproximadamente 30% dos formatos são usados em 70% da produção. Este facto é explicado com o facto que estes formatos, não só são partilhados por vários produtos mas que também são produtos bastante comercializados, como o caso de analgésicos e anti-inflamatórios.

## Afinações

### Folhetos Informativos

Nesta análise foram obtidos os dados de 805 das 811 mudanças, das 19 dimensões de folhetos informativos existentes, foram usadas 17 diferentes nas quantidades apresentadas na Tabela 4.31.

*Tabela 4.31 Nº de vezes que a dimensão de F.I. foi usada no período de 2016/2017*

Folhetos	
Dimensão	Lotes
180x210	28
180x240	8
180x260	5
180x300	80
180x320	62
180x350	14
180x370	8
180x380	10
180x400	46
180x420	55
180x450	31
180x480	6
180x500	8
180x520	33
180x560	15
180x600	369
180x840	26

Como é possível notar, alguns folhetos informativos apenas diferem em alguns centímetros. Observando a matriz (Figura 4.29) é possível concluir que das 804, 490 não houve mudança de dimensão folheto, no entanto, como antes mencionado, 367 setups foram tipo 1. O número total de mudanças de afinações foram 314 nas 443 mudanças tipo 2 e tipo 3. Usando o tempo médio de 10,75 minutos de afinações de literaturas apresentado na Tabela 4.15 é possível concluir que no total foram perdidos 3375,5 minutos em afinações é que dá um total de 56 horas apenas em afinações de literatura.

Na Figura 4.29 está apresentada a matriz de mudanças entre cada folheto, em que foi considerado que a mudança de “a” para “b” é igual de “b” para “a” pois o tempo é o mesmo. Foi distinguido por cores o número de mudanças para facilitar a leitura. A branco encontra-se os setups em que não se altera o folheto informativo.

	180x210	180x240	180x260	180x300	180x320	180x350	180x370	180x380	180x400	180x420	180x450	180x480	180x500	180x520	180x560	180x600	180x840
180x210	12	1	0	3	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	0	19	4
180x240		3	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1
180x260			2	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
180x300				51	3	3	0	2	4	0	1	2	2	0	0	30	4
180x320					45	0	2	1	0	12	0	0	0	0	0	15	1
180x350						5	0	0	2	2	0	0	0	0	0	7	2
180x370							2	0	2	1	0	0	0	0	0	5	1
180x380								3	0	1	0	0	1	0	0	8	0
180x400									21	1	2	0	1	0	7	25	2
180x420										36	1	1	0	1	0	16	1
180x450											12	0	0	1	0	31	1
180x480												0	2	0	0	4	3
180x500													2	0	1	9	1
180x520														25	0	14	0
180x560															5	9	3
180x600																262	14
180x840																	4

Figura 4.29 Matriz de mudança de dimensões de folhetos informativos entre produtos

#### Cartonagens

O tamanho das cartonagens está dependente do tamanho do blister, como anteriormente mencionado existem 4 cortantes, logo, 4 tamanhos diferentes de blister. O que faz variar mais o tamanho das cartonagens é o número de blisters por caixa. No total existem 15 dimensões de cartonagem que são apresentadas na Tabela 4.32.

Tabela 4.32 Nº de vezes que a dimensão de Cartonagens foi usada no período de 2016/2017

Cartonagem	Lotes
103x59x24	145
103x59x53	259
103x59x75	1
136x67x25	14
136x67x40	23
136x67x55	15
136x67x65	1
145x60x25	144
145x60x35	55
145x60x50	99
145x67x25	7
145x67x70	1
145x90x25	4
145x90x40	14
145x90x70	25

Das 805 mudanças apresentadas (Figura 4.30), 444 não houve mudança de cartonagem o que é possível concluir nos restantes 361 houve essa alteração nos 443 setups tipo 2 e 3. Se forem contabilizados 11,14 minutos de parametrização da secundária mais 8,33 minutos na afinação é possível calcular que, no total, foram gastos 7000,28 minutos que traduzido em horas são 117,14 horas em afinação, representando 5,37% do tempo total gasto em setup no período de 2 anos.

	103x59x24	103x59x53	103x59x75	136x67x25	136x67x40	136x67x55	136x67x65	145x60x25	145x60x35	145x60x50	145x67x25	145x67x70	145x90x25	145x90x40	145x90x70
103x59x24	68	110	1	2	4	4	0	4	10	10	1	0	2	1	5
103x59x53		180	1	1	8	3	0	11	5	7	1	0	1	3	5
103x59x75			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136x67x25				5	5	2	0	1	4	1	0	0	0	2	0
136x67x40					6	2	1	4	2	2	0	0	0	4	2
136x67x55						4	0	1	2	3	1	0	0	0	3
136x67x65							0	0	0	0	1	0	0	0	0
145x60x25								92	22	46	7	1	0	3	3
145x60x35									20	18	1	1	0	0	5
145x60x50										53	1	0	0	1	2
145x67x25											0	0	0	1	0
145x67x70												0	0	0	0
145x90x25													0	1	4
145x90x40														5	1
145x90x70															11

Figura 4.30 Matriz de mudança de dimensões de folhetos informativos entre produtos

### Paragens em Setup

Uma grande funcionalidade da plataforma do OEE, é a contabilização de todas as paragens distinguindo as que são efetuadas dentro das mudanças e dentro da produção, infelizmente, apenas as que decorreram dentro da produção são apresentadas o tempo de paragem. Ainda que apenas seja possível saber o número, é possível criar uma noção dos maiores problemas nos setups.

Nesta análise foi apenas contabilizado o ano de 2017 pois esta opção ainda não estava em funcionamento no ano anterior. Nas 435 mudanças, houve 446 paragens em setup numa lista de 44 causas diferentes, muitas destas mudanças tiveram mais do que uma paragem. É apresentado na Tabela 4.33, as paragens principais recorrendo ao princípio de Pareto (Figura 4.31), em que aproximadamente 25% das causas são 75% dos problemas.

Tabela 4.33 Lista das 12 principais causas de paragens no período de 2017

2017					
Causa	nº de ocorrências	nº de ocorrências [%]	Σ nº de ocorrências [%]	nº do problema	Σ nº de problemas [%]
Higienização	53	11,88%	11,88%	1	2,27%
Problemas com Cortante	39	8,74%	20,63%	2	4,55%
Afinação dos sensores	37	8,30%	28,92%	3	6,82%
Dificuldades no puxo dos folhetos	31	6,95%	35,87%	4	9,09%
Afinação da centragem	31	6,95%	42,83%	5	11,36%
Problemas no descarregador de blisters	29	6,50%	49,33%	6	13,64%
Afinação do Simtab	28	6,28%	55,61%	7	15,91%
Materiais	26	5,83%	61,43%	8	18,18%
Afinação da inserção do folheto	18	4,04%	65,47%	9	20,45%
Afinação da agrupadora	15	3,36%	68,83%	10	22,73%
Reajuste de parametros	14	3,14%	71,97%	11	25,00%
alveolos mal formados	12	2,69%	74,66%	12	27,27%

Destas 12 paragens a 1ª e 8ª com mais ocorrências devem-se a esperas, a primeira deve-se a esperas dos operadores de higienização e a oitava deve-se a esperas de materiais de embalagem. As restantes são paragens de problemas na afinação dos próprios componentes, ou manutenção corretiva que é feita em linha.

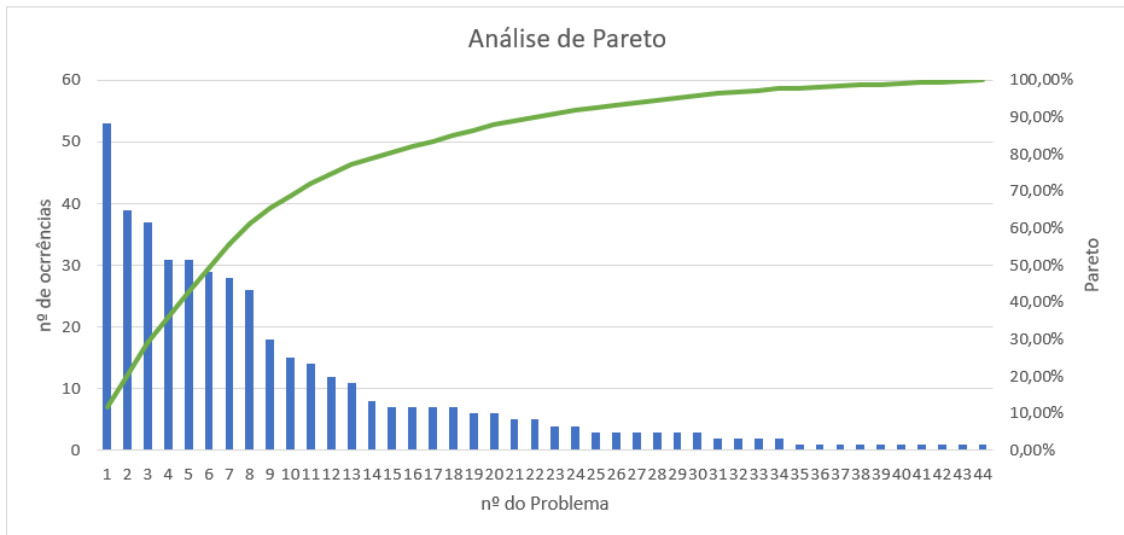


Figura 4.31 Análise de Pareto de Paragens em Setup

#### 4.3.2. Interpretar e Planear

Para poder encontrar soluções é necessário identificar os problemas, antes do estudo, o único facto garantido eram os elevados tempos de cada mudança, no entanto eram desconhecidas as suas causas. Para fazer esta análise, foi utilizado um diagrama de Ishikawa originado do acompanhamento no campo e de reuniões com membros da direção e supervisão (Figura 4.32).

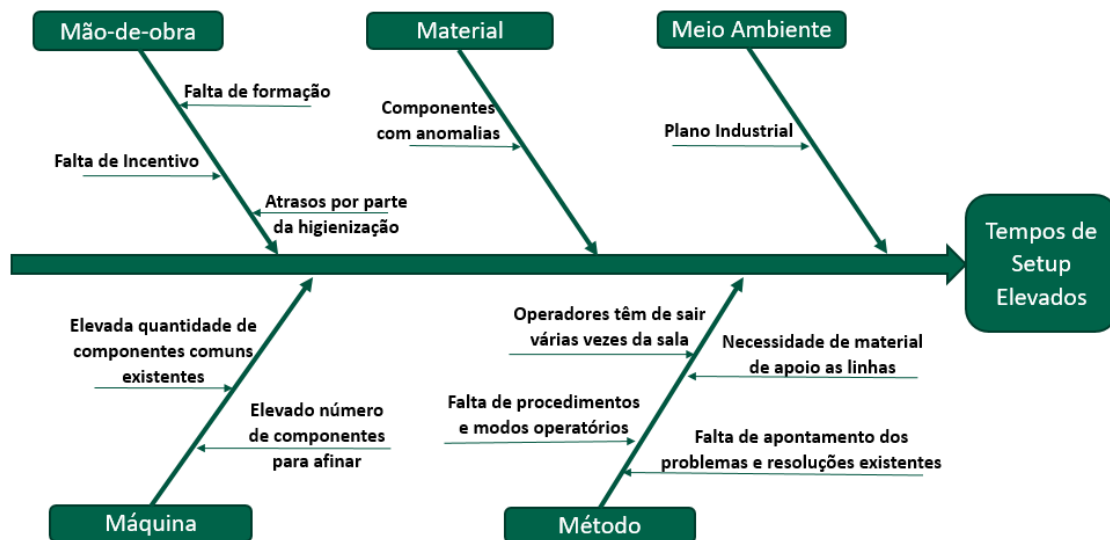


Figura 4.32 Diagrama de Causa-Efeito nos tempos de Setup

Tendo sido identificadas as principais causas dos problemas é possível, recorrendo às técnicas apresentadas anteriormente, definir técnicas de resolução. Estas causas resultam em 4 dificuldades principais:

- Atividades em linha – É necessário eliminar a dependência entre atividades. Eliminar a dependência que os operadores têm da atividade de higienização e da limpeza de peças é crucial para reduzir o tempo de setup e esperas.
- Ajustes – A necessidade excessiva de ajuste cria vários problemas e a falta de know-how para os conduzir levam a que as afinações se estendam.

- Variabilidade – A falta de centragem de tempos é uma consequência de modos operatórios não uniformes, para tal é necessário definir um processo único. A grande variabilidade nas características de materiais de embalagem apresentado nas tabelas Tabela 4.31 e Tabela 4.32 cria um aumento na necessidade de ajustes.
- Esforço – A dificuldade existente na elaboração de algumas tarefas como preparação de peças devido a causas como falta de conhecimento ou material de apoio inadequado, cria falhas que terão consequência nos tempos de mudança. É necessário a criação de ferramentas e a formação dos operadores de modo a tornar mais simples a sua execução.

Mediante a identificação dos problemas e possíveis oportunidades de melhoria, foram apresentadas 6 propostas que visam atenuar as dificuldades notadas. (ver Figura 4.33)

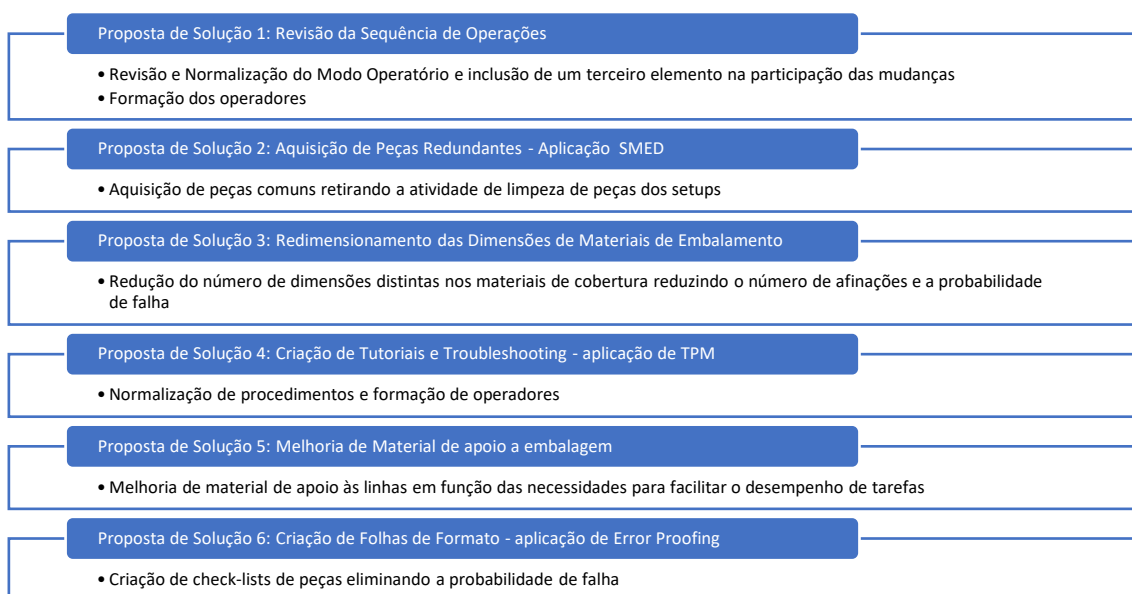


Figura 4.33 Propostas de melhoria

Se utilizarmos o quadro apresentado S. Culley et al. no capítulo 3.5.4SMED (Tabela 3.2), poderemos organizar esta informação na (Tabela 4.34).

Tabela 4.34 Correspondência de propostas de melhoria com as dificuldades a eliminar

	Melhorias Organizacionais	Melhorias de design
Atividades em Linha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposta de Solução 2: Aquisição de Peças Redundantes</li> </ul>	
Ajustes		
Variabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposta de Solução 1: Revisão da Sequência de Operações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposta de Solução 3: Redimensionamento de Materiais de Embalagem</li> </ul>
Esforço	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposta de Solução 4: Criação de Tutoriais</li> <li>• Proposta de Solução 6: Criação de Folhas de Formato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposta de Solução 5: Melhoria de Material de apoio a embalagem</li> </ul>

Fazendo a referência das causas com as consequentes dificuldades e por sua vez, propostas de melhoria, é possível relacionar as soluções às causas (Figura 4.34).

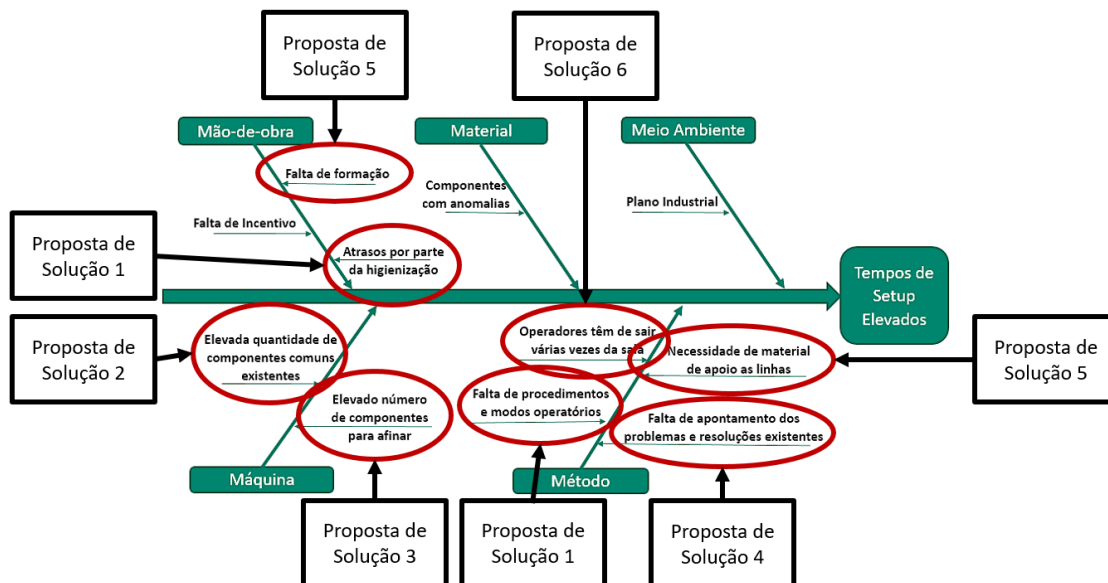


Figura 4.34 Relação entre as propostas de solução e as causas

Mediante a análise de informação dos setups, foi criado um objetivo (Figura 4.35). Estes dados não fazem distinção dos setups tipo 2 pois este objetivo será partilhado por todos os envolventes e esta diferenciação apenas foi criada para efeitos de estudo (Figura 4.36).

	Tempo Médio 2017	Objetivo
Setup tipo 1	1:00:35	1:00:00
Setup tipo 2	2:56:21	2:00:00
Setup tipo 3	5:53:55	3:00:00

Figura 4.35 Objetivo imposto

Numa fase inicial, o principal foco será a redução dos tempos dos setups tipo 2 e tipo 3 em que o objetivo da média dos setups tipo 2 será 2 horas traduzindo numa redução de 56 minutos e os tipo 3 será de 3 horas representando uma redução de 2 horas e 53 minutos.

Tipificação das Mudanças de Lote			
O QUE MUDA?	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Lote	✓		
Cliente	✓		
Dosagem (Se não alterar a Alimentação)	✓		
Dados Variáveis	✓		
Alimentação		✓	
Agrupadora		✓	
Vincagem		✓	
Centragem		✓	
Dimensão Cartonagens		✓	
Dimensão Folhetos		✓	
Formação		✓	
Cortante			✓
Tipo de Alimentador (Simtap - Universal)			✓
Tempo Médio Mudança	60 min	120 min	180 min

Figura 4.36 Documento partilhado com na linha com o objetivo

### 4.3.3. Criar

#### *Proposta de Solução 1: Revisão da Sequência de Operações*

Um dos primeiros problemas identificados foram os sistemáticos atrasos de higienização e falta de uniformização dos processos verificando-se que cada operador apresentava um modo diferente na execução de tarefas. Esta proposta visa criar um modo operatório que permita normalizar as práticas com o objetivo de render o mais possível o tempo de todos os intervenientes e eliminar a dependência entre tarefas, nomeadamente entre limpeza da máquina, higienização da sala e montagem de peças. Este ponto é um exemplo da aplicação de um dos “s” da ferramenta 5s denominado standardizar (Seiketsu) em que consiste em documentar modos operatórios, usar ferramentas padrão e popularizar as melhores práticas. (Al-Aomar, 2011)

Nos gráficos de Gantt dos setups 2.2, 2.3 e 3 é possível ver como depois da limpeza final, os operadores tinham de se ausentar durante um certo período de tempo para fazer a limpeza das peças. Esta proposta veio solucionar este problema e será usado o gráfico de Gantt de um setup 3 para demonstrar os passos desta proposta.

Para que os operadores, que são os únicos que têm o conhecimento total dos procedimentos da linha, não tivessem de interromper a sua tarefa decidiu-se que a limpeza das peças fosse feita pelos Facilitadores de Turno.

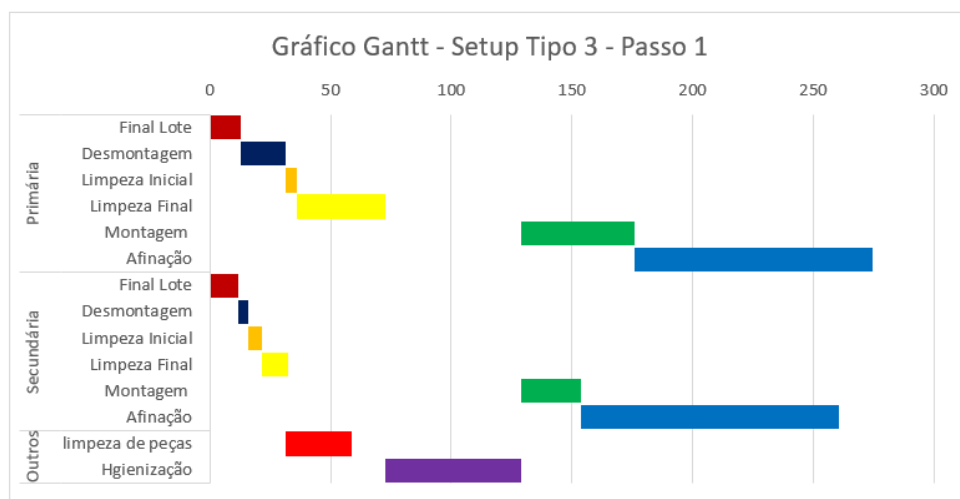


Figura 4.37 Gráfico Gantt - Passo 1

Como é possível observar no gráfico (Figura 4.37), esta implementação apenas fez com que a limpeza de peças se concluísse mais cedo, não havendo alguma alteração no tempo final do setup pois os operadores têm de esperar que a higienização acabe. Para tal é necessário redefinir o início da higienização. Quando este estudo foi iniciado, os operadores justificavam que a higienização apenas poderia começar depois da máquina estar limpa, no entanto, depois de serem contactados os superiores do departamento e responsáveis da qualidade foi mencionado que já tinham sido efetuadas análises e que a higienização da sala podia ser iniciada mais cedo comparativamente ao defendido pelos operadores.

Na realidade, a higienização pode entrar a partir do momento que não exista uma fonte de contaminação dentro da linha que possa contaminar as paredes ou chão, ou seja, a partir do momento em que já não existe produto na sala e que a máquina foi passada com ar comprimido nos pontos críticos e aspirada, já não existe grandes focos de contaminação ou ações que

possam libertar pó para a zona circundante. Neste ponto foi definido que a partir do momento em que a limpeza inicial em ambas as máquinas está concluída, pode ser dado início à higienização.

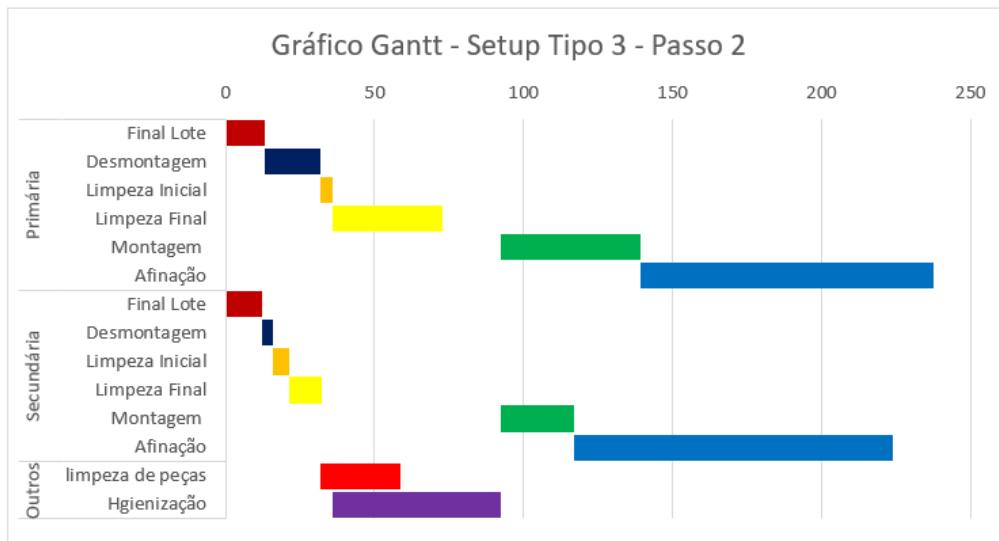


Figura 4.38 Gráfico Gantt - Passo 2

É possível notar que neste gráfico de Gantt (Figura 4.38), a higienização foi iniciada mais cedo e por tanto, o tempo final de setup também reduziu, ainda assim, continua a existir um fosso de tempo em que os operadores continuam à espera da conclusão da higienização, principalmente o operador da secundária. Ainda que curto, este espaço temporal era sempre dilatado aquando da existência de atrasos por parte da higienização.

Para solucionar estes problemas, foram atuados dois procedimentos. O primeiro foi a prática de tarefas em conjunto, ou seja, o operador da secundária auxilia a desmontagem das peças da primária para que seja concluída mais rapidamente e ambos os operadores fazem a limpeza final da máquina em conjunto, mas cada um em zonas diferentes, ou seja, os operadores limpam um de cada lado da máquina (Figura 4.39). Como a máquina tem acesso pelos dois lados, normalmente, encontra-se um a atrás e outro à frente.



Figura 4.39 Fotografia dos Operadores na limpeza da máquina

O segundo procedimento atuado foi na forma como o higienizador desempenhava a tarefa, inicialmente, este fazia apenas a sequência de primeiro remover sujidade do chão, depois higienizar as paredes e de seguida higienizar o chão. Este procedimento foi alterado para limpeza do chão, higienização das paredes da primária, higienização do chão da primária,

higienização das paredes da secundária e por fim higienização do chão da primária. Esta implementação teve o objetivo de higienizar a zona da primária o mais cedo possível para que a montagem de peças fosse iniciada o mais cedo possível. Como explicado anteriormente no ponto 4.2.3 Air Flow, devido a diferenças de pressões, existe um fluxo de ar da primária para a secundária o que faz com que aquando da primária já higienizada não fosse contaminada pela secundária.

Este procedimento foi transcrito num documento (Figura 4.40) e exposto na sala para formar todos os envolvidos de uma mudança. Não só teve o objetivo de definir a sequência de operações como retirar dúvidas como o caso mencionado da contaminação por parte dos resíduos de produto. Neste documento também é descrito quando é que devem ser chamados os higienizadores e facilitadores de turno atempadamente para dar tempo de se preparem e não haver atrasos. Neste ponto, também foi marcado o chão da sala para dividir a primária e secundária para facilitar os operadores.

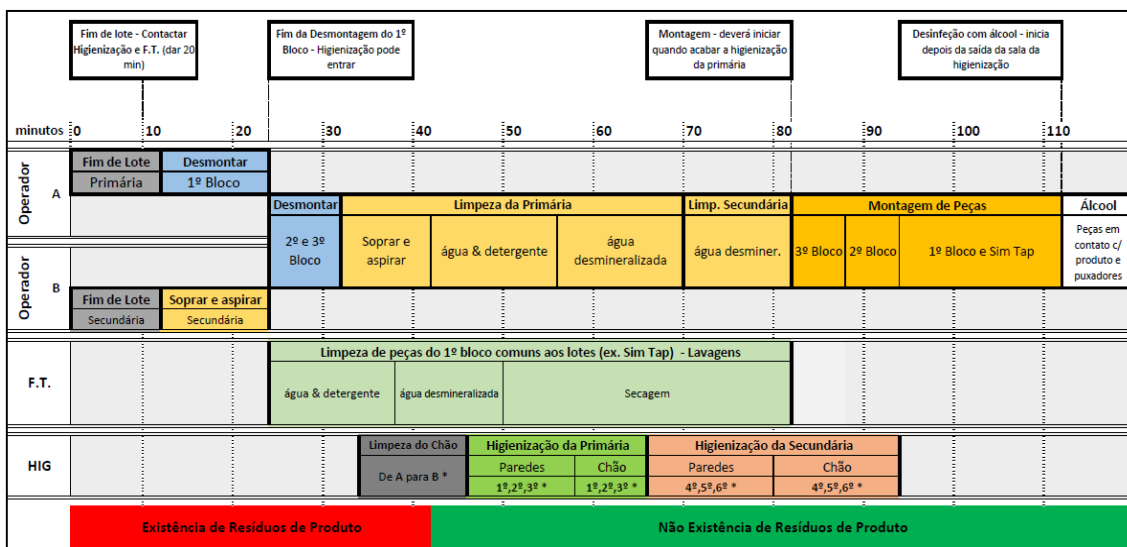


Figura 4.40 Apresentação do Documento de Sequência de Operações

É possível notar no gráfico de Gantt (Figura 4.41) que os procedimentos estão mais sequenciados e que não existem tempos mortos na linha.

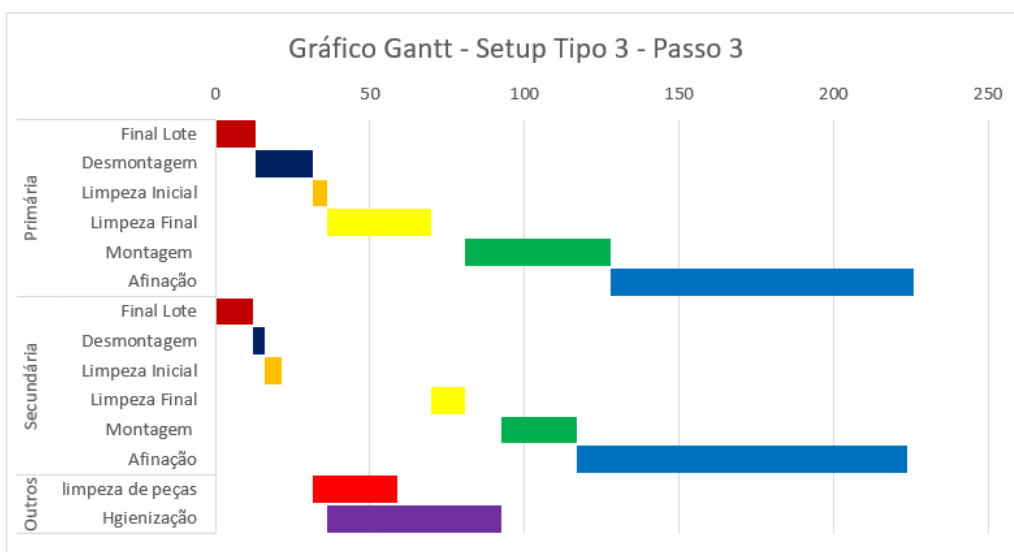


Figura 4.41 Gráfico Gantt - Passo 3

Ainda que o tempo individual dos procedimentos não tenham sido alterados significativamente, esta nova sequência, permite uma redução de aproximadamente 50 minutos nos tempos totais de setup. É possível comparar em dois setups tipo 3 acompanhados em novembro de 2017 (Figura 4.42) e fevereiro de 2018 (Figura 4.43) a diferença na sequência de operações, estes, diferem em 54 minutos sendo que um demorou 5 horas e 26 minutos e o outro demorou 4 horas e 32 minutos. Estas duas mudanças comparadas foram selecionadas por terem todas características iguais.

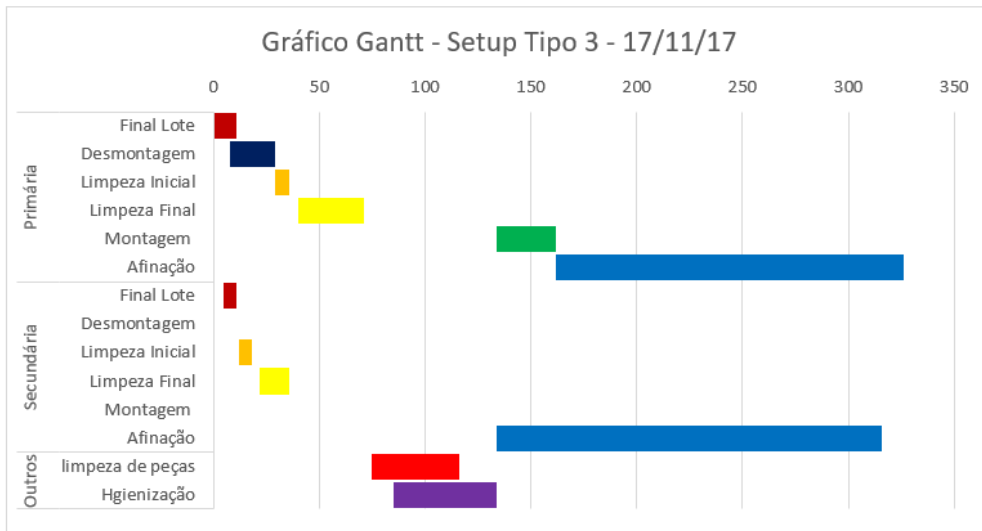


Figura 4.42 Gráfico Gantt de setup tipo 3 acompanhado a 17 de novembro de 2017

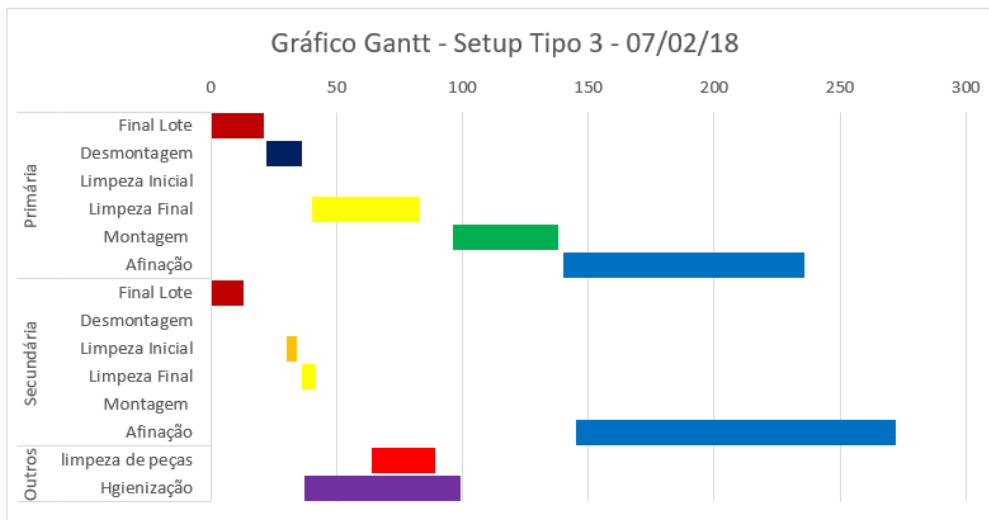


Figura 4.43 Gráfico Gantt de setup tipo 3 acompanhado a 7 de fevereiro de 2018

*Proposta de Solução 2: Aquisição de Peças Redundantes*

A proposta de solução 2 é um exemplo da aplicação do conceito SMED em que tem como objetivo externalizar a atividade de limpeza das peças mediante a aquisição de peças redundantes.

## Peças Comuns

Dentro do conjunto de peças constituintes dos formatos existe um grupo de peças que são comuns a todos os produtos, por esta razão, em todos os setups, estas peças saem da linha, são higienizadas e voltam a entrar.

Uma das propostas apresentadas foi a aquisição de uma cópia (Tabela 4.35) deste conjunto de peças com o objetivo de eliminar a limpeza de peças do setup passando a atividade externa. Ainda que segundo a proposta apresentada anteriormente essa atividade fosse elaborada por um terceiro participante e esta aquisição já não tivesse um impacto direto, é de salientar que os facilitadores de turnos desempenham inúmeras tarefas e que uma delas é auxiliar as linhas que têm alguma baixa. Esta aquisição iria retirar um operador desta atividade que poderá desempenhar outra atividade noutra linha que seja mais urgente. Durante as 3 primeiras semanas do mês de abril, houve duas baixas em simultâneo que obrigou que os Facilitadores de Turno tivessem de desempenhar outras funções e durante este período, os operadores tinham de limpar as peças caso ocorresse mudanças nesses turnos.

Tabela 4.35 Lista de peças propostas para investimento

Peças	Orçamento
Hopper Outlet with dosage	1 870,00 €
Outlet and cover feeding device Simtap	2 440,00 €
Sheet Metal Plate	452,17 €
Vibratory plate Simtap	2 820,00 €
Fill-Level sensor holder	1 170,00 €
Retaining Frame for Simtap	1 170,00 €
<b>Total</b>	<b>9 922,17 €</b>

Para compreender se seria viável a aquisição de estas peças, foi feita uma análise financeira. Nesta análise, foi usado a média referente ao último trimestre de 2017 de valor por hora do departamento de embalagem são 126,21[€/h]. Foram usadas as seguintes fórmulas nesta análise:

$$\begin{aligned} & \text{Crescimento Mensal} \\ & = \frac{\frac{\text{Número de setups no 1º Trimestre de 2018}}{3} - \frac{\text{Número de setups em 2017}}{12}}{\frac{\text{Número de setups em 2017}}{12}} \quad (5) \end{aligned}$$

$$\text{Previsão 2018} = \text{Crescimento Mensal} * (\text{Número de setups em 2017}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \text{Redução Prevista em 2018} \\ & = \text{Previsão 2018} * (\text{Média de 2017} - \text{Média de 2018}) \quad (7) \end{aligned}$$

$$\text{Ganho Financeiro} = \text{Redução Prevista em 2018} * \text{Valor por Hora} \quad (8)$$

No caso da limpeza de peças, apenas foi considerado o número de setups 2.2, 2.3 e 3 pois são as únicas mudanças que contemplam esta atividade, o tempo de redução previsto foi o tempo observado e que é apresentado na Tabela 4.18 do ponto Limpeza de Peças. O período estudado foi apenas o de 2017 que é apresentado no ponto Análise 2016 2017 na Tabela 4.26. Para balizar os valores foi feito o estudo com dois cenários, um otimista que considera o crescimento em

2018 e um pessimista não considera nenhum crescimento, sendo calculado mediante os valores de 2017.

Tabela 4.36 Apresentação do Ganho Financeiro anual referente à aquisição de peças

Setup	2017	1º Trimestre 2018	Crescimento Mensal [%]	Previsão 2018	Redução de Tempo / Setup	Redução Prevista com dados de 2017 [Pessimista]	Redução Prevista em 2018 [Otimista]	Ganho Financeiro [Pessimista]	Ganho Financeiro [Otimista]
2.2	59	13	-11,86%	52	0:48:00	47:12:00	41:36:00	5 957,11 €	5 250,34 €
2.3	23	7	21,74%	28	1:08:00	26:04:00	31:44:00	3 289,87 €	4 005,06 €
3	77	32	66,23%	128	0:27:00	34:39:00	57:36:00	4 373,18 €	7 269,70 €
<b>Total</b>	159	52	30,82%	208		107:55:00	130:56:00	13 620,16 €	16 525,10 €

Tanto o cenário pessimista (13525€) como o otimista (16525€) são superiores ao investimento no espaço de 12 meses concluindo que o retorno de investimento seria efetuado em menos de 1 ano.

Para uma análise mais detalhada, foi calculado o retorno do investimento em meses na Tabela 4.37.

Tabela 4.37 Apresentação do Ganho Financeiro mensal referente à aquisição de peças

Setup	2017	1º Trimestre 2018	Crescimento Mensal [%]	Previsão 2018	Redução de Tempo / Setup	Redução Prevista com dados de 2017 [Pessimista]	Redução Prevista em 2018 [Otimista]	Ganho Financeiro [Pessimista]	Ganho Financeiro [Otimista]
2.2	4,917	4,333	-11,86%	4	0:48:00	3:56:00	3:28:00	496,43 €	437,53 €
2.3	1,917	2,333	21,74%	2	1:08:00	2:10:20	2:38:40	274,16 €	333,76 €
3	6,417	10,667	66,23%	11	0:27:00	2:53:15	4:48:00	364,43 €	605,81 €
<b>Total</b>	13,25	17,33333333	30,82%	17		8:59:35	10:54:40	1 135,01 €	1 377,09 €

Ao analisar esta tabela, podemos concluir o retorno por mês do investimento é de 1135,01€ num cenário pessimista e de 1377,09€ num cenário otimista. Se dividirmos o investimento do 9922,17€ por estes valores, em ambos os casos obteremos um retorno compreendido entre 7 e 9 meses, a diferença entre estes é de 8 meses e 23 dias num cenário pessimista e 7 meses e 6 dias num cenário otimista.

### Peças de Setup 2.3

Analisando ao detalhe, os setups 2.3 apenas existem porque o Simtap que é necessário é o mesmo da produção anterior e este tem de ser higienizado antes de voltar a ser usado, caso existisse uma cópia de este simtap, passaria a ser um setup 2.2. No período de 2016/2017 houve 35 setups tipo 2.3 dos quais devido a repetição do simtap 1-A, 2-C e 3-A. O formato 4-A+4-G ainda que seja setup 2.3 como é alimentador universal não tem o mesmo problema porque já existe um segundo par.

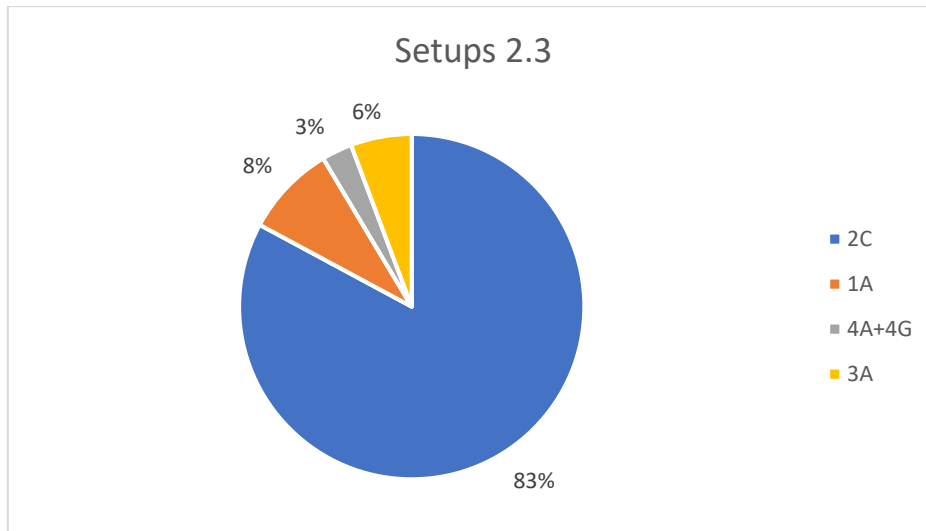


Figura 4.44 Utilização dos Simtaps nos Setups Tipo 2.3

Segundo estes dados, dos 35 setups, 29 devem-se à repetição do simtap 2C (Figura 4.44) o que se torna no investimento com o retorno mais cedo.

No capítulo de limpeza de peças (Tabela 4.20) tinha sido demonstrado que a limpeza do simtap corresponderia a um tempo de 00:52:50. Para uma média de 126,21 €/hora, o cálculo do ganho por setup é obtido por:

$$\begin{aligned}
 \text{Ganho por setup} &= \text{tempo reduzido} * \text{valor por hora da produção} \\
 &= 00:52:50 * 126 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 111,13 \text{ €}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

O investimento num simtap 2C corresponde a 26750€ (Figura 4.45).

200	1	EA	81015658	26.570,00
			Format parts for SimTap 2 c feeder	
			consisting of:	
			- product infeed plate	
			- feeding tubes	
			- housing	
			- stop slide	
			- manifold	
			for pos. 1	

Figura 4.45 Orçamento de Peças

O número de setups necessários para igualar o ganho ao investimento são:

$$\frac{\text{Investimento}}{\text{Ganho por setup}} = \frac{26750}{111,13} = 239 \text{ setups}
 \tag{10}$$

Para uma análise mais conservadora, são utilizados os dados referentes a 2017 no cálculo do tempo do retorno do investimento. Como os dados indicam, 83% das mudanças 2.3 são com o simtap 2C, mantendo este valor nos cálculos para previsão obteremos a seguinte equação:

$$\frac{\text{Número de setups 2.3 necessários para cobrir o investimento}}{\text{Número de setups 2.3 em 2017} * 83\%} \quad (11)$$

$$= \frac{239}{23 * 0.83} = 12.52 \text{ anos}$$

Fazendo uma previsão mais otimista, poderia ser utilizado o número de setups previsto para 2018 que é apresentado na Tabela 4.36 de 28:

$$\frac{\text{Número de setups 2.3 necessários para cobrir o investimento}}{\text{Número de setups 2.3 em 2017} * 83\%} \quad (12)$$

$$= \frac{239}{28 * 0.83} = 10.28 \text{ anos}$$

O tempo de retorno previsto para este investimento está compreendido entre os 12 anos 6 meses e 10 dias e os 10 anos 3 meses e 12 dias. Na presença de uma descontinuação de estes produtos durante os próximos anos, iria diminuir o número de setups 2.3 o que aumentaria o tempo de retorno tornaria este investimento pouco rentável.

#### *Proposta de Solução 3: Redimensionamento de Materiais de Embalagem*

Uma das principais dificuldades que prolongam a etapa mais morosa existente nestas mudanças é o facto de haver sempre vários componentes que são necessários serem afinados.

No ponto Afiadações são apresentadas as cartonagens e literaturas existentes e é exposta uma matriz de mudanças entre as diferentes dimensões. Esta proposta visa reduzir a variabilidade de dimensões existentes. As consequências de esta proposta são a redução do número de mudanças destes elementos eliminando o número de afinações e reduzindo os tempos de setup. Esta proposta visa reduzir algo que não acrescenta valor, mas que despende tempo à produção. À semelhança do que é transcrito no ponto 2.3.1Valor, do capítulo 2, cada organização deve analisar o que considera “valor” e concluir o que são desperdícios ou “muda” na sua produção.

#### *Folhetos Informativos*

A proposta efetuada foi no âmbito do número de dimensões diferentes de Folhetos Informativos. Um facto observado, é que este elemento da máquina, por ser minucioso no seu funcionamento, costuma ter várias paragens por encravamento das folhas e em 2017, todas estas paragens de manutenção corretiva, durante a produção, contabilizaram 100 horas e 59 minutos. Também durante o setup, este problema é a raiz de várias paragens sendo o 4º com mais ocorrências em 2017 (Tabela 4.33). Um dos fatores associados é a dimensão da folha, pois a máquina pode ser parametrizada para fazer 3 ou 4 dobras, quando a dimensão não é divisível por este número, o seu número de paragens aumenta. Na Tabela 4.38 e na Figura 4.46, é possível

notar que existem alguns elementos com percentagens mais altas no que diz respeito ao número de falhas comparativamente ao número de lotes em que a dimensão em questão foi usada.

No total existem 19 tamanhos de folhetos informativos diferentes em que em alguns casos, apenas diferem alguns milímetros. Estas pequenas diferenças não criam diferenças significativas na quantidade de informação possível de acrescentar, mas criam necessidades de afinações adicionais. A proposta apresentada reduz de 19 dimensões para 5 (Figura 4.47), e as dimensões

Tabela 4.38 Número de Lotes embalados para cada dimensão e número de falhas associadas

Produtos embalados em 2017 para o mesmo tamanho de FI			
Dimensão	Nº lotes embalados	Nº de Falhas	% do número de falhas
180x210	15	7	46,67%
180x240	5	0	0,00%
180x260	2	0	0,00%
180x300	51	14	27,45%
180x320	45	5	11,11%
180x350	6	1	16,67%
180x370	4	1	25,00%
180x380	4	2	50,00%
180x400	21	8	38,10%
180x420	23	0	0,00%
180x450	17	2	11,76%
180x480	4	1	25,00%
180x500	3	0	0,00%
180x520	9	3	33,33%
180x560	7	3	42,86%
180x600	203	60	29,56%
180x840	16	4	25,00%

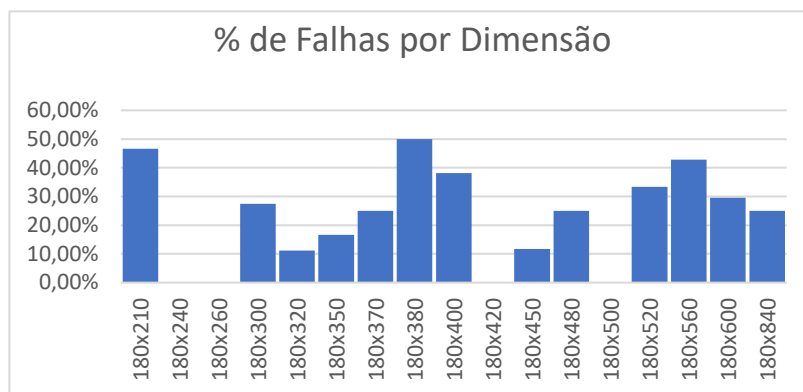


Figura 4.46 Percentagem de falhas referente ao número de lotes embalados

escolhidas foram tendo por base o número de produtos que usam esta dimensão e segundo o número de falhas existentes nesta categoria o que explica a opção do 180x420 e 180x320 (ver Figura 4.46).

Dimensão	Nº Produtos
180x200	2
180x210	7
180x240	8
180x260	2
180x300	14
180x320	3
180x350	3
180x360	3
180x370	2
180x380	5
180x400	18
180x420	2
180x450	4
180x480	3
180x500	6
180x520	1
180x560	4
180x600	76
180x840	9

→

Dimensão	Nº Produtos
180x240	17
180x320	19
180x420	33
180x600	94
180x840	9

Figura 4.47 Alteração no número de dimensões de Folhetos Informativos

Fazendo uma simulação com os dados do período de 2016 e 2017 apenas com estas dimensões, seria obtido uma matriz de mudanças de folhetos informativos que é apresentado na Figura 4.48.

	180x240	180x320	180x420	180x600	180x840
180x240	16	6	6	21	6
180x320		103	28	49	5
180x420			75	70	8
180x600				378	25
180x840					4

Figura 4.48 Matriz de mudança entre folhetos informativos segundo nova proposta

Segundo esta matriz, passaram a haver apenas 224 mudanças de folhetos informativos, e 576 setups em que não existe alteração deste elemento. No total, houve uma redução de 302 para 224, ou seja, uma redução de 78 setups relativamente aos dados apresentados na matriz no capítulo Medir, o que se usarmos uma média de 10,75 minutos por mudança tal como usado anteriormente, obteremos uma redução de 13 horas e 58 minutos para este período, o que equivale a um ganho financeiro de 1762,73€ para a média de 126,21€/h.

Sabendo que no primeiro trimestre de 2018 houve 113 setups, e prevendo que esta média por mês se mantém, é possível prever um total de 448 setups para o ano de 2018 o que corresponde a um crescimento de 3% face aos 435 setups em 2017. Os 435 setups de 2017 correspondem a 53,70% dos setups do período analisado, o que das 13 horas e 58 minutos, 7 horas e 30 minutos são poupados neste ano. Mediante estes dados, para um crescimento de 3%, esta proposta de solução visa, no espaço de 12 meses, reduzir 7 horas e 44 minutos correspondendo a um ganho financeiro de 975,57 €. Numa previsão pessimista em que não é considerado nenhum crescimento, seriam poupadas 7 horas e 30 minutos correspondendo a um ganho de 947,15€.

#### Cartonagens

Um estudo semelhante foi efetuado nas dimensões das cartonagens, no entanto, neste caso estas estão mais otimizadas e algumas alterações já estavam em curso quando este estudo foi feito.

Tal como explicado anteriormente, existem 4 tamanhos diferentes de blisters o que corresponde a 4 áreas diferentes de caixa, alterando-se apenas a altura consoante o número de blisters por caixa, estes dados são apresentados na Tabela 4.39.

Tabela 4.39 Dados das dimensões de cartonagens

Cortante	Dimensão do Blister	Área da Cartonagem
1	140x56	145x60
		145x67
2	90x55	103x59
3	134x86	145x90
4	126x63	136x67

Algumas alterações estavam já a ser feitas em que o cortante 1 ficaria apenas associado à área 145x60. Contudo, pode ser ainda observado que o cortante 1 e 3 ainda com comprimentos diferentes de blister, têm a mesmo comprimento de caixa de 145 milímetros, algo que não é observado nos cortantes 2 e 4. Outro ponto observado, foi o facto de as cartonagens terem alturas muito irregulares, existindo 10 alturas diferentes em que alguns casos diferem em poucos milímetros.

A proposta criada tem o objetivo de reunir todos estes pontos e criar um novo conjunto de dimensões. Na Tabela 4.40 é apresentada a passagem de 5 para 4 áreas diferentes seguido da uniformização do cortante 2 e 4 e das alturas existentes de caixa, passando de 15 dimensões para 10.

Tabela 4.40 Proposta de alteração de dimensões de cartonagem

Cartonagem	Lotes		Cartonagem	Lotes		Cartonagem	Lotes
103x59x24	145	→	103x59x24	145	→	136x67x25	145
103x59x53	259		103x59x53	259		136x67x40	14
103x59x75	1		103x59x75	1		136x67x55	259
136x67x25	14		136x67x25	14		136x67x75	1
136x67x40	23		136x67x40	23		145x60x25	23
136x67x55	15		136x67x55	15		145x60x40	15
136x67x65	1		136x67x65	1		145x60x50	1
145x60x25	144		145x60x25	151		145x90x25	155
145x60x35	55		145x60x35	55		145x90x40	69
145x60x50	99		145x60x50	100		145x90x70	125
145x67x25	7		145x90x25	4			
145x67x70	1		145x90x40	14			
145x90x25	4		145x90x70	25			
145x90x40	14						
145x90x70	25						

Ao mesmo procedimento, esta mudança foi analisada recorrendo aos dados do período 2016/2017 com o intuito de conhecer a diferença no número de mudanças.

	136x67x25	136x67x40	136x67x55	136x67x75	145x60x25	145x60x40	145x60x50	145x90x25	145x90x40	145x90x70
136x67x25	75	9	117	1	6	14	11	2	3	5
136x67x40		6	10	1	4	2	2	0	4	2
136x67x55			187	1	14	7	10	1	3	8
136x67x75				0	1	0	0	0	0	0
145x60x25					99	23	48	0	4	3
145x60x40						20	19	0	0	5
145x60x50							53	0	1	2
145x90x25								0	1	4
145x90x40									5	1
145x90x70										11

Tabela 4.41 Matriz de mudança entre cartonagens segundo nova proposta

Analisando a matriz (Tabela 4.41), é possível concluir que houve uma redução na ordem dos 3%, passando de 361 mudanças para 349 o que corresponderia a uma redução de 2 horas e 13 minutos para uma média de 11,14 minutos que é apresentado na Tabela 4.15. Á semelhança dos cálculos efetuados na análise dos folhetos informativos, esta alteração iria, em 2018, considerando o crescimento de 3% no número de setups, reduzir o total de 1 hora e 13 minutos correspondendo a um ganho financeiro de 154,74€. Não considerando qualquer crescimento, seria reduzido 1 hora e 11 minutos correspondendo a um ganho de 150,23€.

Esta alteração tem um impacto direto nas mudanças entre produtos do cortante 2 e 4. O facto do cortante 4 está associado aos formatos com alimentador universal e que apenas 8,33% dos produtos utilizaram esta alimentação neste período (ver Análise de Setups), explica a fraca melhoria associada a esta proposta. No entanto, ainda que apresente resultados baixos no

período de 2016/2017, esta proposta poderá ter frutos no futuro em que esta tendência se altere.

#### *Proposta de Solução 4: Criação de Tutoriais*

A proposta de solução 4, põe em prática um dos conceitos da metodologia Total Productive Maintenance que incentiva a formação dos colaboradores para desempenhar tarefas. (McKone et al., 2001)

Durante este estudo, foram identificados alguns constrangimentos referentes à falta de know-how por parte dos operadores na realização de algumas tarefas. Com o objetivo de reduzir este problema, foram criadas várias One Point Lesson (OPL) que são, tal como o nome indica, documentos que formam de um modo simples e rápido os leitores. O propósito destas OPL é facilitar a execução de tarefas ou a formação para executar algumas tarefas como o caso de afinações como o exemplo da Figura 4.49.



*Figura 4.49 One Point Lesson de Afinação da Máquina Agrupadora*

Na Figura 4.49, é apresentado uma das páginas da O.P.L. da afinação da máquina agrupadora. Este documento tem o propósito de formar, de uma forma simples, os colaboradores das atividades de afinação.

À semelhança deste documento, existem outros que formam a parametrizar a máquina ou a fazer algumas afinações. A O.P.L. criada e que maior impacto criou no decorrer desta aplicação, foi a que é apresentada na Figura 4.50. Este esquema do fluxo de limpeza permitiu solucionar as dúvidas dos operadores quanto ao tempo em que estes deveriam realizar cada ação como notificar outros envolvidos como a higienização ou facilitadores de turno e formar sobre a contaminação da sala e procedimentos a tomar.

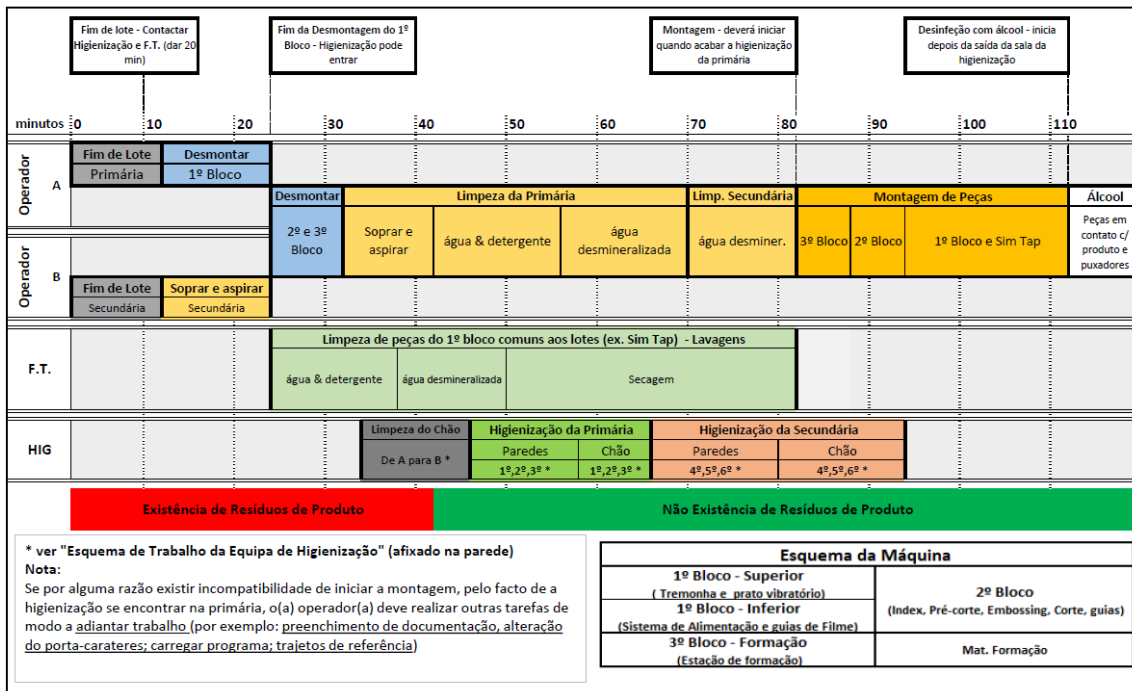


Figura 4.50 Esquema de Sequência de Operações

Um dos objetivos da formação dos operadores é aumentar a própria autonomia quebrando as dependências entre estes ou com os técnicos de manutenção. Na Figura 4.51 é apresentado o número de horas gastas em 2017 em esperas pelos técnicos de manutenção. Nesta linha B, a maior parte dos operadores são autónomos em muitas funções tanto de afinação como em tarefas simples de manutenção, realidade que não é observada em outras linhas deste departamento. É possível observar que a dependência destas linhas traz constrangimentos ao desempenho.

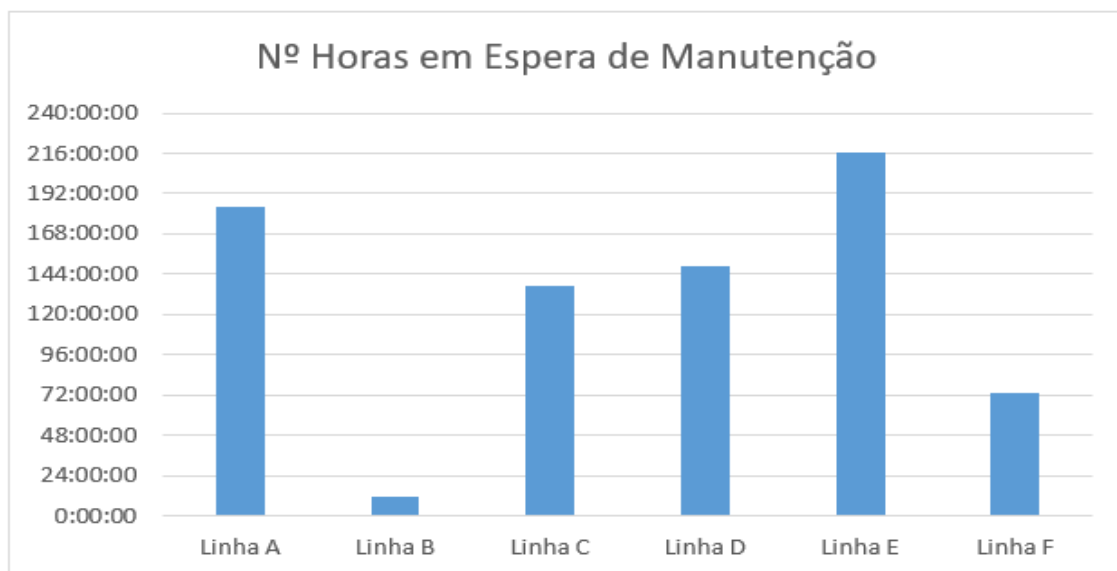


Figura 4.51 Nº horas em espera de manutenção em 2017

#### *Proposta de Solução 5: Melhoria de Material de apoio a embalagem*

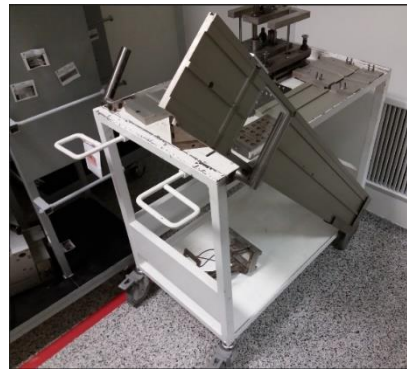
Esta proposta de solução demonstra um exemplo prático da utilização de poka-yokes para facilitar o desempenho de uma das tarefas.

Um das dificuldades encontradas pelos operadores, foi a necessidade de existirem carrinhos livres para fazer desmontagem de peças de maneira a reduzir o esforço que é necessário na preparação das peças. Para resolver este problema, a solução de adquirir mais elementos parece simples, no entanto, é importante compreender a razão de este problema.

Aplicando o método 5w2h foi investigado esta solução, o primeiro passo foi levantar o número de carrinhos existentes no departamento e no total foram encontrados 13 em que um deles foi encontrado noutro departamento. De seguida foi levantado toda a informação destes elementos e as necessidades da cada linha. A linha B em particular, devido ao elevado número de peças, necessita dos carrinhos com maior espaço possível e regularmente estes elementos eram encontrados com formatos de outras linhas ainda que não preenchessem metade do seu espaço (Figura 4.53). Investigando mais uma vez esta razão, concluiu-se que o fator que levava a este ato era serem mais práticos para o encaixe das peças mais longas.



*Figura 4.53 Fotografia de carrinho sem suportes laterais*



*Figura 4.52 Fotografia de carrinho com suportes laterais*

Por esta razão, a proposta apresentada foi a colocação de suportes laterais para o transporte de estas peças em todos os carrinhos do departamento (Figura 4.52). Esta ação reduz facilita a preparação das peças em qualquer linha. Depois de este passo efetuado é importante identificar os carrinhos para cada linha e analisar se continua a existir a necessidade de aquisição de mais elementos.

#### *Proposta de Solução 6: Criação de Folhas de Formato*

A criação de folhas de formato é um caso prático da implementação do método Error Profing em que tem como principal conceito evitar erros que têm um impacto direto no desempenho das tarefas do setup.

Um dos problemas identificados foi a criação dos formatos. Ao contrário das outras linhas, na linha B, devido à complexidade das peças da alimentação, esta atividade é garantida pela manutenção. No início dos acompanhamentos das mudanças, havia um operador de embalagem que já tinha conhecimentos de manutenção e que se encarregava da criação de formatos. Com a saída deste operador da empresa, esta atividade deixou de ser garantida e foi necessário criar uma solução.

O primeiro passo foi criar uma lista de todas as peças necessárias à produção de cada produto, pois, mesmo quando os formatos eram previamente criados havia sempre algumas peças que faltavam e que obrigava aos operadores a sair várias vezes de linha. No total foram contabilizadas mais de 200 peças diferentes existentes, para todos os formatos da linha. De modo a facilitar a execução desta atividade, foi criado em paralelo um ficheiro com fotografias de cada peça para que o operador pudesse consultar em caso de dúvida (Figura 4.54).

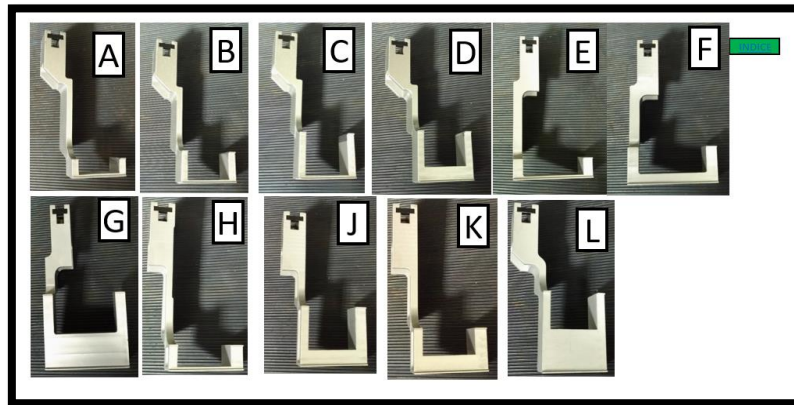


Figura 4.54 Página do Ficheiro Excel com as fotografias de cada peça

Depois de criada esta lista foi criada uma folha única para cada produto em que dispunha as peças necessárias, em conjunto com esta informação foi disponibilizado a informação de onde encontrar no armazém de peças HÄNEL e com campos para preencher em formato de “check-list” para o operador não se esquecer de alguma peça (Figura 4.55). O ficheiro com as fotografias das peças e com as folhas de formato foi disponibilizado num computador de acesso comum, perto do armazém de peças, para que fosse facilitado a sua consulta e qualquer operador pudesse imprimir esta informação.

<b>FOLHA DE FORMATO - LINHA B</b>							
PRODUTO:	MOLÉCULA X 500MG			CÓDIGO:			
CLIENTE:		NºCPs/BLISTER:	10	BLISTER/CAIXA:		MAT. FORMAÇÃO:	PVC
<b>FORMATOS BASE E ESPECIFICAÇÕES GERAIS DE PROCESSO DA BLISTERADORA</b>							
USA PERFURAÇÃO:			SIM	TIPO DE ALIMENTAÇÃO:		SIMTAP	
OBSERVAÇÕES							
<b>PEÇAS DE FORMATO - PRIMÁRIA</b>							
LEGENDA: P - Preparado U - Em Utilização M - Montado em Setup							
	HÄNEL	PEÇA	P	U	M		
CORTANTE	6	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SIMTAP	
DETECTOR DE FISSURAS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• SIMTAP 1 2C	
EMBOSSING	6	2A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• CALHAS 1 2C	
PERFURAÇÃO	6	2B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• CRIVO 5	
FORMAÇÃO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• CAIXA SIMTAP 1 2C	
• FORMAÇÃO	1	2B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• TAMPA VIBRATÓRIA SALA	
• APOIO	5		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• ENCAIXES MANGUEIRAS SALA	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	• SUPORTE DO SENSOR SALA	

Figura 4.55 Folha de Formato – linha B

Esta solução permitiu aumentar a facilidade na criação de formatos e reduzir o número de vezes que os operadores eram obrigados a sair da linha para recolher alguma peça necessária. Nos

acompanhamentos feitos a seguir desta implementação, foi recebido um feedback bastante positivo por parte dos operadores que elogiavam o facto dos formatos estarem bastantes completos.

#### 4.3.4. Verificar - Primeiro Trimestre de 2018

As propostas apresentadas no ponto 4.3.3 Criar foram apresentadas no primeiro trimestre de 2018. Algumas, como o caso do redimensionamento das dimensões de Folhetos Informativos ou aquisição de peças não foram postas em prática e apenas foram submetidas para aprovação por parte da direção. Contudo, as que eram mais facilmente implementadas, foram postas em prática, como o caso da proposta 1: Revisão da Sequência de Operações que foi posta em prática a partir da primeira semana de Janeiro do referido ano.

2017			
	Número	Tempo Médio	Tempo Total
Setup tipo 1	201	01:00:35	202:56:16
Setup tipo 2.1	75	01:57:13	146:30:51
Setup tipo 2.2	59	03:37:30	213:52:47
Setup tipo 2.3	23	04:23:35	101:02:24
Setup tipo 3	77	05:53:55	454:11:49
<b>Total</b>	<b>435</b>		<b>1120:37:09</b>

Tabela 4.43 Dados de Setups referentes a 2017

Dados Referentes ao 1º Trimestre de 2018			
	Número	Tempo Médio	Tempo Total
Setup tipo 1	37	00:51:54	08:00:34
Setup tipo 2.1	24	01:19:21	07:44:34
Setup tipo 2.2	13	03:26:46	20:47:59
Setup tipo 2.3	7	03:19:43	23:18:04
Setup tipo 3	32	04:45:43	08:22:52
<b>Total</b>	<b>113</b>		<b>284:14:03</b>

Tabela 4.42 Dados de Setups referentes ao 1º trimestre de 2018

A proposta 1 foi a proposta que sem investimentos, tinha maior probabilidade de apresentar reduções notáveis no entanto, apenas com aplicação em setups tipo 2.2, 2.3 e 3. Com o objetivo de estudar os efeitos causados, foram analisados os dados do primeiro trimestre de 2018. Na Tabela 4.42 são apresentados os dados referentes a este periodo.

Fazendo uma comparação entre os dados de 2017 (Tabela 4.43) e 2018 (Tabela 4.42) é possível concluir que todas as mudanças obtiveram uma diminuição dos tempos médios, notando-se nos setups tipo 3 uma redução de 68 minutos o que equivale a 19,26%, e setups 2.3 que obtiveram uma redução de 64 minutos o que equivale a uma redução de 24,33%. Ainda que esteja a ser comparado um universo de 435 medições com um universo de 113 medições e nos casos dos setups 2.3, apenas existam 7 valores, foram comparadas as distribuições dos tempos entre 2017 e 2018.

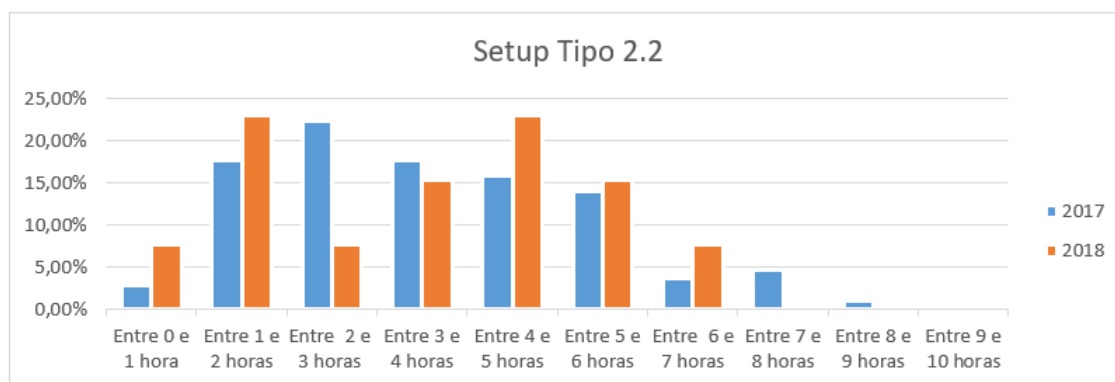


Figura 4.56 Comparação da distribuição dos tempos de Setup Tipo 2.2

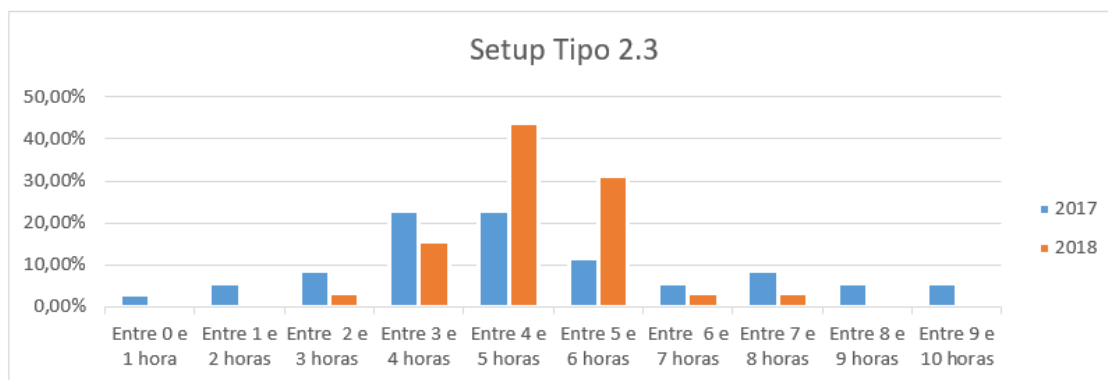


Figura 4.57 Comparação da distribuição dos tempos de Setup Tipo 2.3

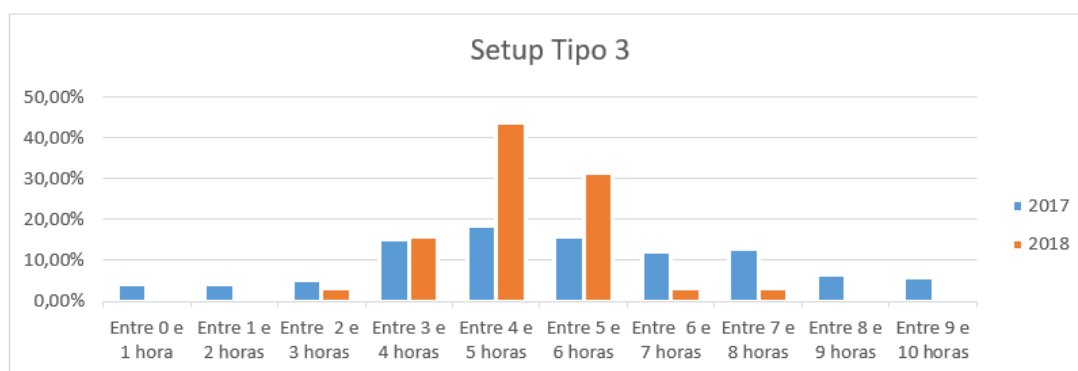


Figura 4.58 Comparação da distribuição dos tempos de Setup Tipo 3

Independentemente da média da duração de cada mudança, ao analisar os três gráficos (Figura 4.56, Figura 4.57 e Figura 4.58), é possível encontrar um ponto em comum. Os valores desproporcionalmente superiores ou inferiores diminuem e os valores são concentrados em certos intervalos de tempo, reduzindo a dispersão e tornando visível os tempos reais de cada mudança. Este ponto pode ser justificado com a normalização do modo operatório.

É possível observar que os intervalos de tempo em que se concentravam a maior percentagem das durações em 2018 são mais baixos que os intervalos de tempo em que se concentravam em 2017, nomeadamente nos setups tipo 3 em que o valor mais representativo se encontrava entre as 6 e 8 horas e agora passou a encontrar-se entre as 4 e 5 horas.

Um dos pontos onde os esforços se concentraram foi na redução dos atrasos. Os problemas em setup foram analisados para este período e fazendo novamente uma análise Pareto podem ser observados os resultados na Tabela 4.44.

Tabela 4.44 Principais problemas em Setup no 1º trimestre de 2018

Problema em Setup	2018					
	nº de ocorrências	nº de ocorrências [%]	Σ nº de ocorrências [%]	nº de problemas	Σ nº de problemas [%]	Pareto
Afinação da centragem	11	12,50%	12,50%	1	3,85%	16,35%
Higienização	10	11,36%	23,86%	2	7,69%	31,56%
Materiais	10	11,36%	35,23%	3	11,54%	46,77%
Afinação do Simtab	8	9,09%	44,32%	4	15,38%	59,70%
Afinação do fecho da caixa	5	5,68%	50,00%	5	19,23%	69,23%
Problema com Bloco de selagem	5	5,68%	55,68%	6	23,08%	78,76%
Nova aprendizagem	4	4,55%	60,23%	7	26,92%	87,15%
Problemas com cortante	4	4,55%	64,77%	8	30,77%	95,54%
Afinação dos sensores	3	3,41%	68,18%	9	34,62%	102,80%

No total, nos três primeiros meses, contabilizou-se 90 problemas relacionados a 32 causas. Comparativamente ao período de 2017, em esperas de higienização, houve uma diminuição de 53 ocorrências em 12 meses para 10 ocorrências no período dos 3 primeiros meses de 2018, ou seja, por média, diminuiu de 4,41 ocorrências por mês para 3,33. Este facto pode ser atribuído ao novo esquema da Sequência de Operações em que permite reduzir a forte dependência que existia entre tarefas nomeadamente entre a montagem de peças e higienização da sala.

Infelizmente, a partir da segunda semana de março de 2018, o departamento teve algumas baixas de pessoal sendo uma delas na linha que se encontrava em observação. Esta falta de pessoal fez com que outros operadores de outras linhas operassem nesta. O facto destes novos operadores não deterem um know-how da linha fez com que os tempos de mudança começassem a subir novamente (Figura 4.59, Figura 4.60, Figura 4.61 e Figura 4.62). É possível observar que em todos os setups, chegou ao seu mínimo em fevereiro de 2018 (Figura 4.59, Figura 4.60, Figura 4.61 e Figura 4.62).

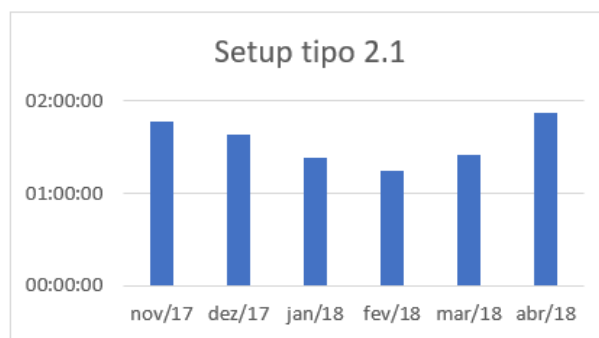


Figura 4.59 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 2.1

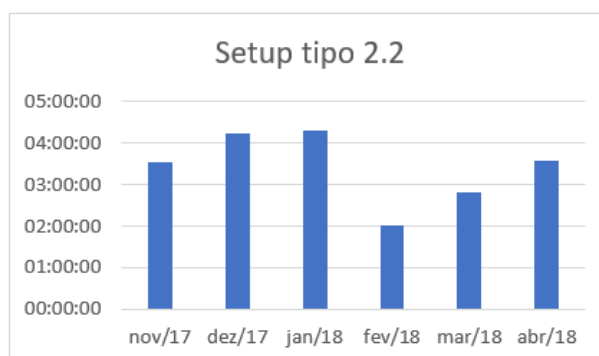


Figura 4.60 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 2.2

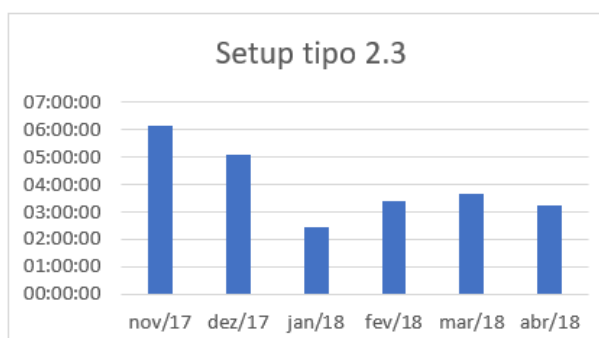


Figura 4.61 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 2.3

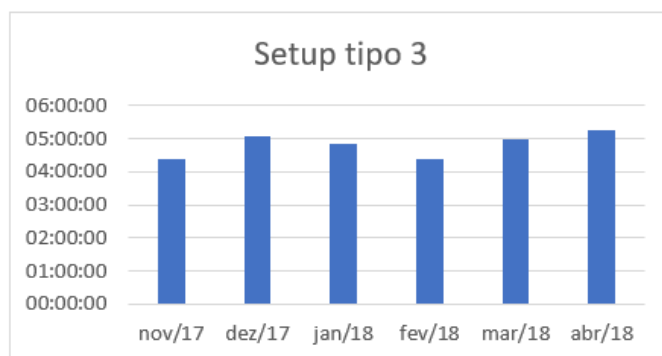


Figura 4.62 Média de Tempos entre novembro e dezembro para setup Tipo 3

As aplicações implementadas em 2018, resultaram num tempo médio de 2 horas e 27 minutos para setups tipo 2 e de 4 horas e 45 minutos para setups tipo 3.

Os resultados não completaram o objetivo imposto no início do estudo, tendo ficado a 48% do objetivo para setups tipo 2 e a 60% do objetivo para setups tipo 3 (Tabela 4.45). Contudo, é possível afirmar que houve um balanço positivo na primeira abordagem. Estes resultados poderão demonstrar que esta análise se encontra no caminho certo, mas ainda existem oportunidades de melhoria.

Tabela 4.45 Resultados e Objetivos

	Tempo Médio 2017	Objetivo	Tempo Médio 2018
<b>Setup tipo 1</b>	1:00:35	1:00:00	0:51:54
<b>Setup tipo 2</b>	2:56:21	2:00:00	2:27:04
<b>Setup tipo 3</b>	5:53:55	3:00:00	4:45:43

Durante o período analisado, entre a primeira semana de janeiro e a última de março, devido à redução dos tempos de mudança foi notado um aumento da disponibilidade da linha (Figura 4.63).

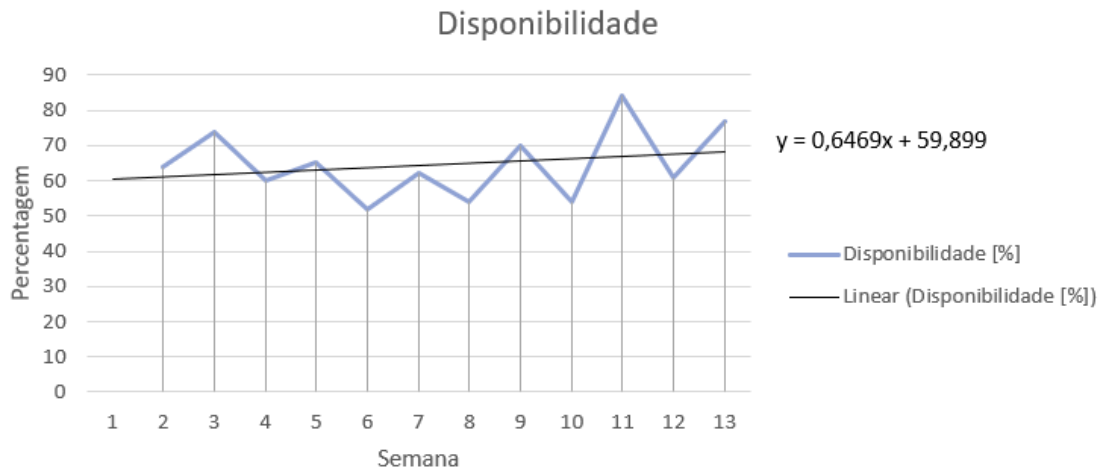


Figura 4.63 Disponibilidade de Linha B durante o período analisado

Devido à oscilação da Eficiência da linha esta melhoria na disponibilidade da linha não é notada no O.E.E (Figura 4.64).

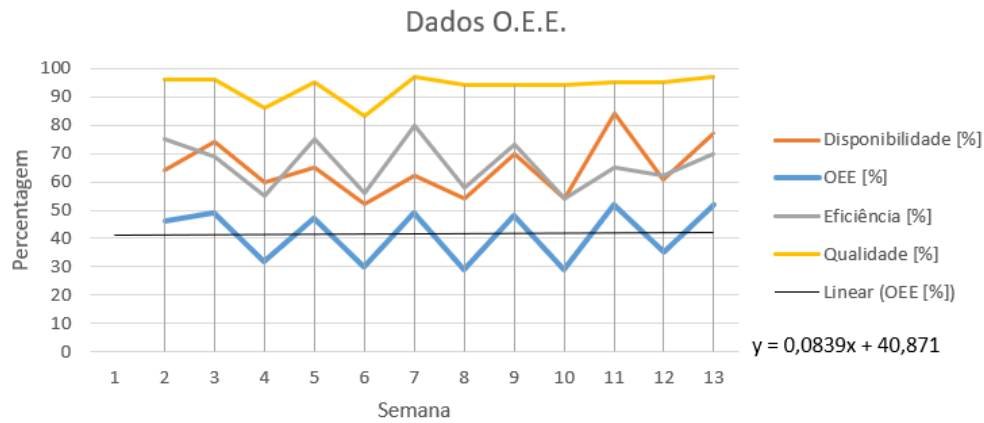


Figura 4.64 Valores do OEE da linha B durante o período analisado

## 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste estudo, metodologias Lean foram aplicadas numa linha de embalagem do setor farmacêutico com o objetivo de reduzir os tempos de setup. A aplicação deste estudo foi conduzida de acordo com um modelo proposto estruturado num ciclo de quatro estágios. Este ciclo apresentou as metodologias lean para cada etapa, demonstrando a aplicação de ferramentas Lean na redução dos tempos de setup.

A aplicação desta análise resultou na apresentação de 6 propostas de soluções em que apenas as que não requeriam investimento foram aplicadas. Sem investimentos em novos equipamentos ou em pessoal, e no espaço de 3 meses, esta aplicação apresentou uma diminuição do desvio padrão e uma redução de aproximadamente 60 minutos do tempo médio dos setups que representam mais de 40% do tempo total de mudança nomeadamente Setup Tipo 3 e 2.3. Esta redução pode ser traduzida numa redução de 266 horas e 15 minutos no final de 12 meses, o que corresponde a um ganho financeiro anual de 33603 €. Para além da redução dos tempos de setup também foi possível reduzir o número de esperas de higienização em 25%. A aplicação das restantes propostas de solução prevê uma redução, no espaço de 12 meses, entre 136 e 163 horas, correspondendo a um ganho financeiro compreendido entre 17164,56 € e 20573,23 € para um investimento em torno de 36492 €.

Os resultados alcançados não cumpriram por completo os objetivos propostos, no entanto, a disponibilidade da linha de embalagem, que é objeto principal do estudo, sofreu um crescimento com a aplicação desta análise. Esta melhoria irá permitir à empresa gerir um volume maior e uma variedade maior de produtos reduzindo o tamanho do lote.

Este trabalho teve como objetivo fornecer um modelo que aplica uma seleção de ferramentas Lean para reduzir o tempo de setup e incrementar a disponibilidade num campo onde o processo de produção é estritamente influenciado por normas nomeadamente GMP e num mercado de genéricos onde existe uma grande necessidade de flexibilidade na produção.

Analisando o caso demonstrado foi completado um ciclo do modelo de aplicação onde foram identificados um conjunto de dificuldades e criado um plano de resolução. Contudo, este plano, não foi cumprido na sua totalidade apenas tendo sido executadas as ações que não requeriam aprovação por parte da direção. Com isto, as próximas ações, seriam a aplicação das restantes propostas de solução apresentadas e que não foram postas em prática nomeadamente e de extrema importância a aquisição de peças redundantes com o objetivo de externalizar a atividade de limpeza de peças ou tal como referido nesta mesma proposta, concluir a melhoria do material de apoio e analisar as suas consequências.

Especificando os próximos passos de esta caminhada em direção à melhoria, para além do cumprimento das restantes propostas de solução seriam, sucessivamente, o início de um segundo ciclo pois os tempos de mudança ainda apresentam valores bastantes extensos comparativamente ao objetivo dos 10 minutos que a literatura referente a SMED apresenta. No entanto, é necessário ter em consideração o facto de esta implementação estar inserida na indústria farmacêutica em que têm de ser cumpridas determinadas normas como, por exemplo, normas de higienização que condicionam os tempos de mudanças.

Reduções de tempos futuras passariam, para além das propostas por implementar, analisar o aumento da equipa de apoio às linhas ou agilizar as atividades praticadas que não são possíveis de externalizar. Possíveis propostas futuras seriam:

- Passagem da documentação para formato digital facilitando cálculos e diminuindo o erro.
- Utilização de ferramentas de limpeza, da sala ou da máquina, alternativas como por exemplo borrifadores ou pulverizadores de ar comprimido facilitando a tarefa e reduzindo tempos.
- Remoção de todo o material desnecessário da sala e cobrir todas as áreas de difícil acesso para facilitar a higienização e tornar o mais rápido possível para eliminar esperas. Um dos exemplos é fechar a parte de baixo da máquina para facilitar o trabalho dos operadores e reduzir a probabilidade de contaminação cruzada.

A redução de tempo das atividades de mudança poderá fortalecer o crescimento da empresa e garantir uma vantagem competitiva de longo prazo.

## 6. Referências Bibliográficas

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107, 223–236.
- Aguilar-Escobar, V. G., Bourque, S., & Godino-Gallego, N. (2015). Hospital kanban system implementation: Evaluating satisfaction of nursing personnel. *Investigaciones Europeas de Direccion y Economia de la Empresa*, 21, 101–110.
- Al-Aomar, R. (2011). Applying 5S lean technology: An infrastructure for continuous process improvement. *International Journal of Industrial Manufacturing Engineering*, 5(12), 2645–2650.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2013). The impact of RFID technology in hospital drug management: An economic and qualitative assessment. *International Journal of RF Technologies: Research and Applications*, 4(1), 181–208.
- Blaga, P., & Jozsef, B. (2014). Human Resources, Quality Circles and Innovation. *Procedia Economics and Finance*, 15(1), 1458–1462.
- Boztinaztepe, B., & Canan, F. (2008). *Lean Tools for Reducing Production Time and Satisfying Employees - A Case Study*.
- Carbone, T. A., & Tippet, D. D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 16(4), 28–35.
- Card, A. J. (2017). The problem with 5 whys'. *BMJ Quality and Safety*, 1(1), 1–7.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2003). Implementation of total productive maintenance : A case study. *International Journal of Production Economics*, 1(95), 71–94.
- CS Odessa. (2016). Lean Value Stream Map. Obtido 6 de Agosto de 2018, de <http://www.conceptdraw.com/How-To-Guide/lean-value-stream-map>
- Culley, S., Owen, G., Mileham, A., & McIntosh, R. (2001). *Improving Changeover Performance*. Butterworth-Heinemann.
- Dillon, A. P., & Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1), 95–102.
- Ferradás, P. G., & Saloniitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 7(1), 598–603.
- Forbes. (2017). Top 10 Automakers For June 2017: Volkswagen Reigns And Notion Of «Peak Car» Takes A Hit. Obtido 16 de Maio de 2018, de <https://www.forbes.com/sites/bertelschmitt/2017/08/16/top-10-automakers-july-2017-no-peak-car/#28d921c915e5>
- Garza-Reyes, J. A., Forero, J. S. B., Kumar, V., Villarreal, B., Cedillo-Campos, M. G., & Rocha-Lona, L. (2017). Improving Road Transport Operations using Lean Thinking. *International*

*Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, 11, 1900–1901.*

- Gaskin, S. P., Griffin, A., & John, R. (2010). *Voice of the Customer*.
- Graban, M. (2015). The Term “Lean Production” is 25 Years Old – Some Thoughts on the Original John Krafcik Article. Obtido 8 de Setembro de 2018, de <https://www.leanblog.org/2013/09/the-term-lean-production-is-25-years-old-my-thoughts-on-the-original-article/>
- Gwiazda, A. (2006). Quality tools in a process of technical project management. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 18*(1–2), 439–442.
- Hauser, J. R. (1993). How Puritan-Bennett used the House of Quality. *Sloan Management Review, 34*(3), 61–70.
- Hutchins, D. (2008). *Hoshin Kanri The Strategic Approach to Continuous Improvement*.
- Industries, V. (2014). Single-Minute Exchange of Die. Obtido 27 de Abril de 2018, de <https://www.perfectproduction.com/smed.htm>
- Inkscape. (2008). A selection of Normal Distribution Probability Density Functions. Obtido 21 de Junho de 2018, de [https://en.wikipedia.org/wiki/Normal\\_distribution](https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution)
- Janssen, M., & Estevez, E. (2013). Lean government and platform-based governance-Doing more with less. *Government Information Quarterly Journal, 30*, S1–S8.
- Jeffrey K. Liker. (2006). *The Toyota way: 14 management principles from the world’s greatest manufacturer. Action Learning: Research and Practice*.
- Juran, J. M. (1999). *Juran’s Quality Handbook (5th Edition)*. (J. A., Ed.). McGraw-Hill.
- Kahraman, C., & Ertay, T. (2004). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research, 3*, 4–19.
- Kaplík, P., Prístavka, M., Bujna, M., & Viderňan, J. (2013). Use of 8D Method to Solve Problems. *Advanced Materials Research, 801*, 95–101.
- Karam, A.-A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *International Conference Interdisciplinarity in Engineering, 11*, 886–892.
- Khamba, J. S. (2015). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management, 25*(7), 709–756.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review, 30*(1), 41–51.
- Kumar, B. S., & Abuthakeer, S. S. (2013). Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry. *Journal of Applied Sciences, 12*(10), 1032–1037.
- Kumar, J., Soni, V. K., & Agnihotri, G. (2014). Impact of TPM implementation on Indian manufacturing industry. *International Journal of Productivity and Performance Management, 64*(1), 44–56.
- Kuo, T.-C., Huang, S. H., & Zhang, H.-C. (2001). Design for manufacture and design for «X»: concepts, applications, and perspectives. *Computers & Industrial Engineering Journal, 41*, 241–260.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic

- perspective. *Journal of Operations Management*, 21, 193–201.
- Marhani, M. A., Jaapar, A., & Bari, N. A. A. (2012). Lean Construction: Towards Enhancing Sustainable Construction in Malaysia. *ASIA Pacific International Conference On Environment Behavior Studies*, 68, 87–98.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(10), 2377–2395.
- McKone, K. E., Shroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 19, 39–58.
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organisation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211–214.
- Moen, R. (2009). Foundation and History of the PDSA Cycle. *Associates in Process Improvement-Detroit (USA)*, 1, 1–9.
- Nagyova, A., Palko, M., & Pacaiova, H. (2015). Analysis and Identification of Nonconforming Products By 5W2H. *International Quality Conference*, 9(1), 33–42.
- Nowotarski, P., Paślawski, J., & Matyja, J. (2016). Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies - Cost Case Study. *Procedia Engineering Journal*, 161, 1037–1042.
- Owen, C. (2015). Total Productive Maintenance. *Industry Forum Journal*, 1(1), 1–24.
- Parbhakar, A. (2018). Why Data Scientists love Gaussian? Obtido 5 de Junho de 2018, de <https://towardsdatascience.com/why-data-scientists-love-gaussian-6e7a7b726859>
- Pinto, C. F., Coelho, S. M., Calado, R. D., & Silva, M. B. (2013). Access improvement using lean healthcare for radiation treatment in a public hospital. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 11(13), 247–253.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras* (6th ed.). Lidel.
- Rauch, E., Damian, A., Holzner, P., & Matt, D. T. (2016). Lean Hospitality-Application of Lean Management Methods in the Hotel Sector. *CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 41, 614–619.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda* (Lean Enterprise Institute). (I. L. Enterprise, Ed.), Lean Enterprise Institute Brookline. Institute Lean Enterprise.
- Ryan, M., Specialist, A., & O'callaghan, A. (2002). The scientific method. Em *Cooperative Extension: University of Nevada* (pp. 1–4).
- Seth, D., & Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: An Indian case study. *Production Planning and Control*, 1(1), 37–41.
- Sharma, Y. (2015). Implementation of poka-yoke in Indian manufacturing industry by: enablers, barriers and questionnaire based survey. *International Journal of R&D in Engineering, Science and Management*, 1(7), 144–155.
- Simchi-Levi, D., Simchi-Levi, E., & Watson, M. (2004). Tactical Planning for Reinventing the Supply Chain. Em *The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge* (pp. 14–30). Springer.

- Singh, B., & Sharma, S. K. (2009). Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: An Indian case study of a manufacturing firm. *Measuring Business Excellence*, 13(3), 59–68.
- Sohani, Y. D. N. (2011). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2), 28–37.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS Industrial management and organisation Industrial management and organisation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564.
- Sullivan, W. G., McDonald, T. N., & Van Aken, E. M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 1(18), 255–265.
- Tay, H. L. (2016). Lean Improvement Practices: Lessons from Healthcare Service Delivery Chains. *IFAC- Paper Online - Conference Paper Archive*, 49(12), 1158–1163.
- Tennant, C., & Roberts, P. (2001). Hoshin Kanri : Implementing the Catchball Process. *Long Range Planning Journal*, 34, 287–308.
- Tommelein, I. D., & Ballard, G. (1999). Proceedings IGLC. Em *7th Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 1–96).
- Tristan Boutros, J. C. (1995). Cause-and-Effect Diagram. Em *Basic Tools for Process Improvement* (pp. 1–13). CRC Press.
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 1(18), 205–214.
- Venkatesh, J. (2007). An Introduction to Total Productive Maintenance. Em *What is Total Productive Maintenance (TPM)* (pp. 1–22).
- Version, A. (2004). Durham Research Online. *Journal of business ethics*, 32(7), 817–824.
- Vlachos, I., & Bogdanovic, A. (2013). Lean thinking in the European hotel industry. *Tourism Management Journal*, 36, 354–363.
- Watson, G. (2004). The Legacy Of Ishikawa (pp. 54–57).
- Williamson, R. (2015). A Tribute to the Father of Total Productive Maintenance, 1, 1–3.
- Womack, J. P. (1990). *The Machine That Changed the World*. (SCRIBNER, Ed.). SIMON & SCHUSTER.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. (F. Press, Ed.).