

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Pedro Lobo Ferreira Malhão Mendes

Preparação e Análise da implementação de  
ferramentas de Melhoria Contínua associadas à  
Standardização de Operações de Setup

Outubro de 2023



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Pedro Lobo Ferreira Malhão Mendes

**Preparação e Análise da implementação de  
ferramentas de Melhoria Contínua associadas à  
Standardização de Operações de Setup**

Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Paulo Alexandre Costa Araújo Sampaio**

Outubro de 2023

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, queria agradecer ao Departamento Industrial da Intraplás, S.A., pelo voto de confiança e pela oportunidade.

Ao Filipe Pimenta, por ter estado sempre presente e preocupado, apesar de todas as suas responsabilidades.

À Filipa Teixeira por teres feito de tudo desde o primeiro ao último minuto. Para além de teres a responsabilidade de me estares a acompanhar também senti que o querias. Foi gratificamente ter total apoio nas decisões que tomávamos e sempre com o objetivo de atingir a máxima perfeição.

Um agradecimento também ao Engenheiro Miguel, ao René, ao Bruno, José Luís e Marcos, por me terem proporcionado uma excelente passagem na Intraplás. Cada um de vocês ajudou e proporcionou uma melhor experiência dia após dia.

Não posso deixar de agradecer em especial ao Alberto, ao Nuno e ao Ângelo. Foram sem sombra de dúvidas peças fundamentais em todos os momentos do projeto. Um grande obrigado!

A todos os operadores da EX14 e da Equipa de manutenção, em especial ao Sr. Pedro, Sr. Jorge, Sr. Fernando, Sr. António e o Sr. Lúcio. Por todas as palavras, pelo respeito apresentado, pela companhia e por todos os ensinamentos transmitidos.

Agradeço também, ao Professor Doutor Paulo Sampaio pela disponibilidade e acompanhamento apresentado ao longo do estágio.

À minha família, por me terem proporcionado a oportunidade de cumprir este objetivo e por me conseguirem acompanhar nesta jornada desta forma. Por todas as palavras, por todos os momentos que me faziam desligar um bocado da realidade e por me orientarem a definir o meu Caminho.

À minha namorada Beatriz. Foste tudo aquilo que precisava para concluir esta etapa. Foste a namorada perfeita, a amiga conselheira, a mãe protetora e assertiva. E para além dessas responsabilidades todas, foste capaz de concretizar também esta conquista. Estamos juntos nisto Doutora Beatriz!

A todos os meus amigos da Universidade e da terrinha. Vocês sabem quem são e o que significam!

A ti meu avô. Este Caminho partilho contigo...

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

# Preparação e Análise da implementação de ferramentas de Melhoria contínua associadas à Standardização de Operações de *Setup*

## RESUMO

Estando a melhoria contínua diretamente associada ao desempenho interno e externo de uma empresa, a constante evolução dos seus processos é um fator preponderante para manter a competitividade no mercado de trabalho.

Em função desse propósito a presente dissertação, enquadrada no âmbito do Estágio Curricular do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, tem como principal objetivo preparar e analisar a implementação de ferramentas de melhoria contínua associadas à standardização de operações de *setup*. O presente estágio realiza-se em contexto empresarial, na Intraplás, S.A., com o foco na implementação destas ferramentas numa das suas linhas de produção na Unidade Fabril de Rebordões.

No contexto do desenvolvimento deste projeto foram utilizadas metodologias e ferramentas do *Lean Production*, mas também metodologias e ferramentas, ao mapeamento de processos a partir de *Business Process Model and Notion* (BPMN) e também associadas à identificação de problemas a partir do Diagrama *ISHIKAWA*.

Primeiramente, foi realizada uma análise do estado inicial dos processos na empresa, diagnosticando que o foco principal da dissertação são as mudanças de produção na linha EX14. De seguida, foram analisados os fluxos de operações de todas as mudanças de produção de forma a definir o sequenciamento de tarefas em cada uma.

Face ao cenário inicial, foram desenvolvidas propostas de melhoria, com foco na utilização da metodologia SMED e na resolução dos problemas apresentados, de forma a, reduzir a sua representatividade.

As melhorias propostas, permitem obter uma diminuição de 110,78 horas em mudanças de produção em 10 meses, o que equivale a 4,6 dias seguidos sem desperdício de tempo e material. Por outro lado, provocam um aumento para os 87,3% da disponibilidade operacional, cumprindo com o objetivo de 86%.

## PALAVRAS-CHAVE

Desperdícios; Melhoria Contínua; Rendimento Operacional; SMED; *Standard Work*.

# Preparation and Analysis of the implementation of Continuous Improvement tools associated with the Standardization of Setup Operations

## ABSTRACT

Since continuous improvement is directly associated with a company's internal and external performance, the constant evolution of its processes is a key factor in maintaining competitiveness in the job market.

With this in mind, the main aim of this dissertation, which is part of the Curricular Internship for the Integrated Master's Degree in Industrial Engineering and Management, is to prepare and analyze the implementation of continuous improvement tools associated with the standardization of setup operations. This internship is being carried out in a business context, at Intraplás, S.A., focusing on the implementation of these tools on one of its production lines at the Rebordões Manufacturing Unit.

In the context of developing this project, Lean Production methodologies and tools were used, as well as methodologies and tools for mapping processes using the Business Process Model and Notion (BPMN) and associated with identifying problems using the ISHIKAWA Diagram.

Firstly, an analysis was made of the initial state of the company's processes, diagnosing that the focus of the dissertation is the production changes on the EX14 line. Next, the flows of operations of all the production changes were analyzed to define the sequencing of tasks in each one.

Given the initial scenario, proposals for improvement were developed, focusing on using the SMED methodology and solving the problems presented, in order to reduce their representativeness.

The proposed improvements lead to a reduction of 110.78 hours in production changes over 10 months, which is equivalent to 4.6 days in a row without wasting time and material. On the other hand, they increase operational availability to 87.3%, meeting the target of 86%.

## KEYWORDS

Continuous Improvement; Operational Performance; SMED; Standard Work; Wastes.

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e motivação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Evolução histórica <i>Lean Manufacturing</i> .....	5
2.2 Pilares do TPS.....	6
2.2.1 <i>Just-in-time</i> .....	6
2.2.2 <i>Jidoka</i> .....	7
2.2.3 Interior da casa TPS.....	7
2.2.4 Base da casa TPS.....	7
2.3 Principios <i>Lean Manufacturing</i> .....	8
2.4 Desperdícios.....	9
2.5 Métodos <i>Lean</i> .....	11
2.5.1 Melhoria Contínua ( <i>Kaizen</i> ).....	11
2.5.2 PDCA.....	12
2.5.3 5S.....	13

2.5.4	<i>Standard Work</i> .....	14
2.5.5	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> .....	14
3.	Enquadramento da Empresa.....	17
3.1	História da empresa.....	18
3.2	Certificações do sistema de gestão da qualidade .....	19
3.3	Organização e áreas produtivas.....	19
3.4	Descrição geral do sistema produtivo .....	20
3.5	Caracterização da linha de extrusão em estudo .....	24
4.	Descrição e análise crítica da situação inicial.....	27
4.1	Métricas utilizadas para monitorização dos resultados .....	27
4.1.1	Rendimento Operacional.....	28
4.1.2	Desperdício de processo .....	29
4.1.3	Análises das Métricas .....	30
4.2	Caracterização da situação inicial.....	31
4.2.1	Contextualização do projeto Íris.....	32
4.2.2	Integração no projeto Íris .....	34
4.2.3	Caracterização de mudanças de produção .....	34
5.	Diagnóstico e identificação dos problemas.....	37
5.1	Mapeamento de <i>Setup</i> .....	37
5.1.1	G01 – Antes da paragem.....	41
5.1.2	G02 – Paragem de máquina.....	41
5.1.3	G03 – Limpeza do sistema de alimentação.....	42
5.1.4	G04 – Mudança de Feira .....	44
5.1.5	G05 – Mudança de Seletor.....	45
5.1.6	G06 – Preparação de Arranque .....	46
5.1.7	G07 – Arranque de Máquina .....	47

5.1.8	G08 – Afinação do laminado.....	48
5.1.9	G09 – Afinação de faixas.....	49
5.1.10	G010 – Aproveitamento de material .....	49
5.2	Recolha de tempos de execução de <i>Setup</i> .....	49
5.3	Classificação em desperdício MUDA.....	52
5.4	Identificação de Problemas .....	54
5.4.1	PR1 - Tarefas não padronizadas entre equipas .....	55
5.4.2	PR2 - Deslocações .....	56
5.4.3	PR3 - Falta de formação.....	56
5.4.4	PR4 - Falta de matéria-prima.....	57
5.4.5	PR5 - Pausas na mudança .....	57
5.4.6	PR6 - Intervenção de manutenção corretiva na feira multicolor durante a mudança .....	57
5.4.7	PR7 - Atrasos na preparação de arranque e afinação.....	57
6.	Desenvolvimento e Implementação de Melhorias.....	59
6.1	Propostas de Melhoria .....	59
6.1.1	PM1 – Atuadores para despejar pigmento.....	60
6.1.2	PM2 – Válvulas nas tremonhas.....	60
6.1.3	PM3 – Corrente automática para seletor .....	60
6.1.4	PM4 – Guia de seletor .....	61
6.1.5	PM5 – Anel de seletor.....	61
6.1.6	PM6 – Balseiros de pigmento encostados à parede.....	61
6.1.7	PM7 – Filtros para limpeza do piso de cima .....	62
6.1.8	PM8 – Definição das tarefas antes da paragem de máquina.....	62
6.1.9	PM9 – Limpeza do piso superior antes da paragem de máquina .....	63
6.1.10	PM10 – Limpeza dos balseiros antes da máquina parar.....	63
6.1.11	PM11 – Preparação da feira multicolor antes da máquina parar.....	64

6.1.12	PM12 – Distribuição de tarefas na entrada e saída do seletor .....	64
6.1.13	PM13 – Afinar a feira enquanto aquece .....	65
6.1.14	PM14 – 1º Operador exclusivamente focado no GO 6, 7 e 8 .....	65
6.1.15	PM15 – Distribuição do responsável pelas calandras e pela limpeza de desgaseificadores .....	65
6.1.16	PM16 – Preparação antecipada de materiais de embalagem.....	66
6.1.17	PM17 – Material necessário no posto antes da máquina parar .....	66
6.1.18	PM18 – Rotina de limpeza de detetor de metais .....	66
6.1.19	PM19 e PM20– Pausas de operadores e equipa da feira e Trocas de turno .....	67
6.2	Propostas de Melhoria não testadas .....	67
6.2.1	PM2 - Válvulas nas tremonhas .....	67
6.2.2	PM12 - Distribuição de tarefas na entrada e saída do seletor .....	67
6.2.3	PM19 e PM20 – Pausas e Trocas de turno dos operadores .....	67
6.3	Método de Implementação de Melhorias .....	68
7.	Discussão dos Resultados .....	70
7.1	Resultados das Propostas de Melhoria .....	70
7.1.1	Propostas de melhoria sem implementação .....	71
7.1.2	Propostas de melhoria aprovadas sem tempo específico associado .....	72
7.1.3	Propostas de melhoria de mitigação de gargalos de fluxo ( <i>bottle neck</i> ).....	73
7.1.4	Propostas de melhoria sem impacto direto na duração da mudança.....	73
7.2	Comparação dos tempos estimados de uma mudança .....	74
7.3	Revisão das métricas .....	76
7.3.1	Rendimento operacional .....	77
7.3.2	Desperdício de processo .....	79
7.3.3	Tempo desperdiçado por tonelada produzida .....	80
8.	Conclusões .....	82

8.1	Considerações Finais .....	82
8.2	Trabalho Futuro .....	84
	Referências Bibliográficas .....	86
	Apêndice 1 – <i>Template</i> de Acompanhamento de mudanças de Produção.....	89
	Apêndice 2 – Diagrama BPMN – Antes da Paragem de Máquina.....	90
	Apêndice 3 – Diagrama BPMN – Paragem de Máquina .....	91
	Apêndice 4 – Diagrama BPMN – Limpeza de Máquina.....	92
	Apêndice 5 – Diagrama BPMN – Mudança de Fieira .....	93
	Apêndice 6 – Diagrama BPMN – Mudança de Seletor .....	94
	Apêndice 7 – Diagrama BPMN – Preparação do Arranque de Máquina.....	95
	Apêndice 8 – Diagrama BPMN – Arranque de Máquina.....	96
	Apêndice 9 – Diagrama BPMN – Afinação de Máquina.....	97
	Apêndice 10 – Diagrama BPMN – Afinação de Faixas .....	98
	Apêndice 11 – Diagrama BPMN – Aproveitar a Máquina .....	99
	Apêndice 12 – Diagrama Ishikawa – Ineficiências EX14 .....	100
	Apêndice 13 – <i>Template</i> de Acompanhamento das Melhorias .....	101
	Anexo 1 – Organigrama Intraplás.....	103
	Anexo 2 – <i>Template</i> Ficha Técnica.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases Cíclicas da metodologia Investigação-Ação .....	3
Figura 2 - A Casa do TPS .....	6
Figura 3 - Princípios do Lean Thinking.....	9
Figura 4 – Os 3M .....	10
Figura 5 - Esquema do processo Kaizen.....	12
Figura 6 - Ciclo PDCA .....	12
Figura 7 - Fases da Metodologia SMED .....	15
Figura 8 - Embalagens comercializadas na Intraplás.....	17
Figura 9 - Cronograma histórico da Intraplás .....	18
Figura 10 - Exemplo de embalamento em (a) bobine e (b) carrinho .....	21
Figura 11 - Diagrama das diferentes fases de produção.....	22
Figura 12 - Gama de artigos EX14 .....	24
Figura 13 - Layout 2D da vista frontal da linha de extrusão EX14.....	25
Figura 14 - Layout 2D da vista de cima da linha de extrusão EX14 .....	25
Figura 15 - Diagrama de decisão de todas as mudanças .....	38
Figura 16 – BPMN geral de uma mudança .....	40
Figura 17 - Localização de tarefas de Paragem de Máquina.....	42
Figura 18 - Localização da limpeza na linha de produção .....	43
Figura 19 – a) Balseiro de pigmento; b) Acesso e plataforma do piso inferior; c) Piso Superior – Filtros; d) Piso Superior - Balança.....	44
Figura 20 - Localização da Troca de Fieira.....	44
Figura 21 - Localização das tarefas do Grupo de Preparação de Arranque .....	47
Figura 22 - Localização das tarefas de afinação de laminado.....	48
Figura 23 - Estado atual de localização de balseiros .....	61
Figura 24 - Proposta de localização de balseiros.....	62
Figura 25 - Processo atual do GO2.....	66
Figura 26 - Processo proposto para o GO2 na PM15 .....	66
Figura 27 - Template de Acompanhamento de Mudanças de Produção .....	89
Figura 28 - BPMN - Antes da Paragem de Máquina .....	90
Figura 29 - BPMN - Paragem de Máquina .....	91

Figura 30 - BPMN - Limpeza de Máquina .....	92
Figura 31 - BPMN - Mudança de Fieira.....	93
Figura 32 - BPMN - Mudança de Seletor.....	94
Figura 33 - BPMN - Preparação do Arranque de Máquina .....	95
Figura 34 - Diagrama BPMN - Arranque de Máquina .....	96
Figura 35 - BPMN - Afinação de Máquina .....	97
Figura 36 - BPMN - Afinação de Faixas.....	98
Figura 37 - BPMN - Aproveitar a Máquina.....	99
Figura 38 - Diagrama Ishikawa - Ineficiências EX14 .....	100
Figura 39 - Template de Acompanhamento das Melhorias (Pág. 1/2).....	101
Figura 40 - Template de Acompanhamento das Melhorias (Pág. 2/2).....	102
Figura 41 - Organograma Intraplás.....	103
Figura 42 - Template Ficha Técnica .....	104

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de Sistemas de Produção.....	8
Tabela 2 - Fases da Metodologia SMED.....	15
Tabela 3 - Características de produção por polímero .....	21
Tabela 4 - Documentos de controlo e monitorização no posto de trabalho.....	23
Tabela 5 - Resultados dos KPI's em 2022 e objetivos de 2023 .....	31
Tabela 6 - Processos com desperdício na EX14.....	32
Tabela 7 - Tempo desperdiçado e tonelada desperdiçada por tonelada em 2022.....	32
Tabela 8 - Desperdícios associados às mudanças de produção.....	34
Tabela 9 - Classificação utilizada pelo tipo de mudança .....	35
Tabela 10 - Tempo gasto em ineficiências.....	36
Tabela 11 - Atividades e metodologias utilizadas na análise das mudanças de produção.....	37
Tabela 12 - Grupo de tarefas por mudança .....	40
Tabela 13 - Tarefas do grupo de Paragem de Máquina .....	41
Tabela 14 - Características que influenciam a paragem de máquina .....	42
Tabela 15 - Tarefas do grupo de Limpeza do 2º Operador .....	43
Tabela 16 - Tarefas na Troca de Fieira .....	45
Tabela 17 - Tarefas de troca de seletor .....	45
Tabela 18 - Tarefas do grupo de Preparação de Arranque.....	46
Tabela 19 - Tarefas do grupo de arranque de máquina.....	47
Tabela 20 - Tarefas do grupo de afinação do laminado.....	48
Tabela 21 - Tempo médio observado por cada tipo de mudança.....	51
Tabela 22 - Classificação dos desperdícios (MUDA) .....	53
Tabela 23 - Identificação geral de problemas.....	54
Tabela 24 - Diferenças no procedimento de limpeza.....	55
Tabela 25 - Resumo de propostas de melhoria.....	59
Tabela 26 - Tarefas do GO3 do 2º Operador com a implementação da PM9 .....	63
Tabela 27 - Tarefas do GO3 do 2º Operador com a implementação da PM10 .....	63
Tabela 28 - Processo proposto GO4.....	64
Tabela 29 - Resultado e impacto de cada proposta de melhoria.....	71
Tabela 30 - Tempo esperado médio após implementação de melhorias.....	75

Tabela 31 - Resultados dos KPI's dos primeiros 10 meses de 2023 .....	76
Tabela 32 - Desdobramento do valor atual de rendimento operacional.....	77
Tabela 33 - Número de vezes que se efetuou cada tipo de mudanças.....	77
Tabela 34 - Comparação do tempo gasto em ineficiências antes e depois de implementação.....	78
Tabela 35 - Atualização dos KPI's incluindo melhorias .....	78
Tabela 36 - Grupos de desperdício de material numa mudança.....	79
Tabela 37 - Desperdício de processo nos primeiros 10 meses dos anos de 2022 e 2023 .....	79
Tabela 38 - Variação da representatividade do desperdício nas mudanças em 2022 e 2023.....	80
Tabela 39 - Tempo desperdiçado por tonelada produzida nos primeiros 10 meses do ano de 2023 ...	81

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BPMN – *Business Process Model and Notion*

FT – Ficha Técnica

FPS - *Ford Production System*

GO – Grupos Operacionais

JIT – *Just in Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

MP – Matéria-Prima

OP – Ordem de Produção

PT – Posto de Trabalho

PR - Problemas

PM – Propostas de Melhoria

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPS - *Toyota Production System*

UF – Unidade Fabril

WIP – *Work in Progress*

## 1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo está dividido em quatro diferentes secções. Inicialmente, apresenta-se o enquadramento e motivação da realização da dissertação, de seguida os seus objetivos, seguindo-se uma especificação acerca da metodologia de investigação e, por último, a apresentação da estrutura da presente dissertação.

### 1.1 Enquadramento e motivação

A melhoria contínua é um processo crítico para o sucesso de qualquer empresa, especialmente quanto à eficiência operacional.

Operações competitivas são operações otimizadas, e Pattaro et al (2022) identifica vários métodos que podem ser utilizados para standardizar operações, entre elas Lean Six Sigma, SMED (Single-Minute Exchange of Dies), 5S, Kanban e Kaizen.

Segundo Snee et al (2010), a aplicação destas ferramentas permite identificar e eliminar desperdícios, aumentar o nível de execução e qualidade, tornando as operações mais flexíveis e adaptáveis. Pode, inclusivamente, uma combinação destas ferramentas ser usada para melhorar continuamente as operações, levando a benefícios significativos quer para a empresa quer para o cliente, ao longo do tempo.

No contexto atual da empresa, a standardização de operações de *setup* apresenta-se como uma excelente oportunidade de melhoria. Uma das grandes preocupações de momento centra-se no desperdício das linhas de produção associado às mudanças de produção, quer em tempo quer em material.

Por outro lado, com a standardização de operações de *setup* também se permitirá adquirir novos patamares de adaptabilidade. Tal como Ribeiro et al (2019) defende, quando todos se apercebem que alterando pequenos pormenores se pode melhorar a cadência de trabalho e a flexibilidade, é fomentada a constante vontade de procurar o melhor caminho para acrescentar valor.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo é a melhoria das operações através de metodologias de melhoria contínua. A operação de mudança das linhas é a que surge como mais preocupante à organização, dividindo o objetivo em dois focos de trabalho – a standardização de operações de setup e a redução dos tempos de *setup*.

Estes dois focos de trabalho têm também como ponto de referência a questão de investigação: "A aplicação da técnica SMED em conjunto com outras técnicas de melhoria *Lean*, trará melhores resultados?".

Como referência para a dissertação realiza-se um enquadramento teórico-prático que permite um enquadramento apropriado possibilitando a identificação de inconsistências associadas aos processos, definindo alterações prioritárias para a standardização de operações.

Quanto à redução de tempos de setup, o SMED apresentará um papel para o sucesso da mesma, porém, e como já foi referido por Filla et al (2016) no seu trabalho, a combinação de todas as ferramentas deve ser considerada. É expectável que a diminuição do tempo de setup impacte positivamente os pilares sustentáveis, sociais e económicos, de acordo com Ebrahimi et al (2023).

Como resultado global é esperado maior eficiência operacional com a mitigação de desperdício associado a estas operações, revertendo de forma direta num aumento no rendimento operacional da linha.

Ao longo de todo o estudo e implementações previstas, todas as alterações efetuadas são monitorizadas, com KPI's associados, possibilitando comparações ao longo do tempo relativamente ao estado inicial da linha.

## 1.3 Metodologia de investigação

Ao longo de toda a dissertação, a metodologia implementada será a de Investigação-Ação. Esta mesma é caracterizada por ser uma investigação maioritariamente ativa, por haver envolvimento de outros funcionários criando-se um ambiente colaborativo entre as partes.

A Investigação-Ação é defendida por Vallenga et al (2009) como um processo sistemático disciplinado, que começa com a identificação do que se passa numa situação e das preocupações das pessoas envolvidas. O mesmo autor defende também que não há provas de que somente a participação de todos conduza a um maior empenho, motivação ou desempenho de tarefas. Esta torna-se eficaz, sim, quando existe *feedback* que mostre o progresso em relação ao objetivo.

O'Brien et al (1998) defende que esta metodologia pode ser vista como cíclica e, como se pode verificar com a Figura 1.

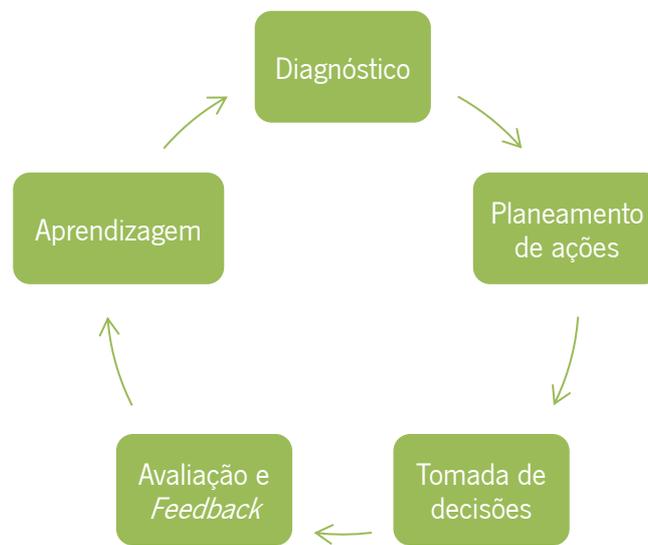


Figura 1 - Fases Cíclicas da metodologia Investigação-Ação

*(O'Brien et al., 1998)*

O ciclo tem início na fase inicial de diagnóstico e de identificação de problemas, de seguida, o planeamento de todas as ações em conjunto com a tomada de decisões. Para finalizar o primeiro ciclo, deve ser efetuado sempre a avaliação do estado de cada uma das ações, verificando se os objetivos foram ou não cumpridos. Caso estes não tenham sido alcançados, inicia-se um novo com a aprendizagem arrecada do anterior.

A partir desta metodologia e de todas as fases cíclicas tidas em conta, foi possível obter uma melhor orientação de todos os procedimentos, efetuando-se uma investigação ativa a partir do envolvimento e colaboração de todos os funcionários ao longo de todas as fases.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em oito diferentes capítulos. Em conjunto, permitem efetuar todo o estudo, implementação e cumprimento dos objetivos ambicionados.

Especificamente, no primeiro capítulo encontra-se o enquadramento e motivação do tema, em conjunto com os objetivos e a metodologia utilizada na dissertação.

Acompanhando este primeiro capítulo, segue-se a revisão bibliográfica no segundo. Esta visa a apresentar todo o estudo acerca de conceitos e ferramentas fundamentais que servem de base da restante dissertação.

No terceiro capítulo é apresentada toda a história da empresa, assim como, também é descrito o sistema produtivo geral e é caracterizada a linha em estudo.

No capítulo seguinte, é apresentado tanto o estado inicial da linha de produção como também todas as métricas existentes para monitorização da Unidade Fabril.

Passando para o quinto capítulo, este apresenta todo o mapeamento realizado em prol do estudo das mudanças de produção na linha. A partir desse mapeamento passa-se ainda para identificação dos problemas ainda no mesmo capítulo.

No capítulo seis, são apresentadas as propostas de melhoria, tendo como base o trabalho desenvolvido na metodologia SMED e nos problemas apresentados no capítulo anterior.

No penúltimo capítulo, analisam-se os resultados obtidos em cada uma das propostas e preveem-se resultados, comparando métricas próprias para o efeito.

Por último, no oitavo capítulo, apresentam-se as conclusões finais do trabalho bem como as propostas de trabalho futuro na empresa, dando continuidade ao estudo desenvolvido.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será realizada uma revisão bibliográfica acerca da Filosofia *Lean*, bem como as suas ferramentas vinculadas a ela que possibilitam a eliminação de desperdícios maximizando a sua eficiência, conforme identificado por essa filosofia.

Neste sentido, destaca-se especialmente a melhoria contínua e a metodologia SMED, pois apresentam-se como uma mais-valia e de maior relevância para o desenvolvimento desta dissertação.

### 2.1 Evolução histórica *Lean Manufacturing*

Para atingir os níveis *lean* que atualmente estão em prática é necessário referir e estudar algumas fases que provocaram e contribuíram para o estado atual desse conhecimento. Com este intuito, Shah & Ward et al (2007) estuda estas fases críticas de modo a clarificar semanticamente a definição daquele que é o *lean production*. Neste sentido, refere que tudo se iniciou na filosofia e todos os princípios do *Ford Production System* (FPS) nos anos de 1927, servindo estes para um futuro estudo por Kiichiro, Eiji e Taiichi Ohno, de forma a aperfeiçoar e definir os principais conceitos do *Toyota Production System* (TPS). É nesse estudo, em 1937, que se definiu que o método de produção *Just in time* (JIT) seria um dos componentes principais do criado TPS. No Japão e após todo o progresso do TPS, Ohno et al (1988), afirma que toda a produção da Toyota tem como objetivo definir-se na redução de custos e eliminação de desperdício recomendando produzir apenas as unidades necessárias e no tempo necessário.

Após a passagem deste estudo e conhecimento de 50 anos, entre 1973 e 1988, Shah & Ward et al (2007) aborda a importância da chegada do TPS à América do Norte e a justificação desta necessidade. Este processo iniciou-se após a crise petrolífera gerando interesse em melhorar a forma de produzir nas fábricas americanas. Após análises de livros e artigos japoneses, Sugimori et al (1977), lança um artigo académico abordando temáticas do JIT, TPS e produção Kanban.

Nesta primeira década de tentativas de interpretação e implementação do TPS, Shah & Ward et al (2007), refere que o conhecimento acerca do mesmo ainda é escasso, porém, a partir de 1988, com um maior progresso a nível de pesquisa, alguns autores, como por exemplo, Krafcik, Womack, Jones e Ross, conseguiram tirar as suas próprias conclusões, estudando todo o sistema em específico, criando temas como "*Lean*" e "*Lean Production*" abrangendo os seus impactos quer a nível organizacional e empresarial. Mais recentemente, Lander & Liker et al (2007), também em concordância que o TPS deu

origem ao *Lean Production* que o mesmo, na prática, era visto como um conjunto de ferramentas para remover desperdício do processo.

## 2.2 Pilares do TPS

Criada por Fujio Cho, a “TPS *house*”, Figura 2, tem como objetivo representar o Toyota Production System numa estrutura agrupando todo o conjunto de técnicas que a envolvem.

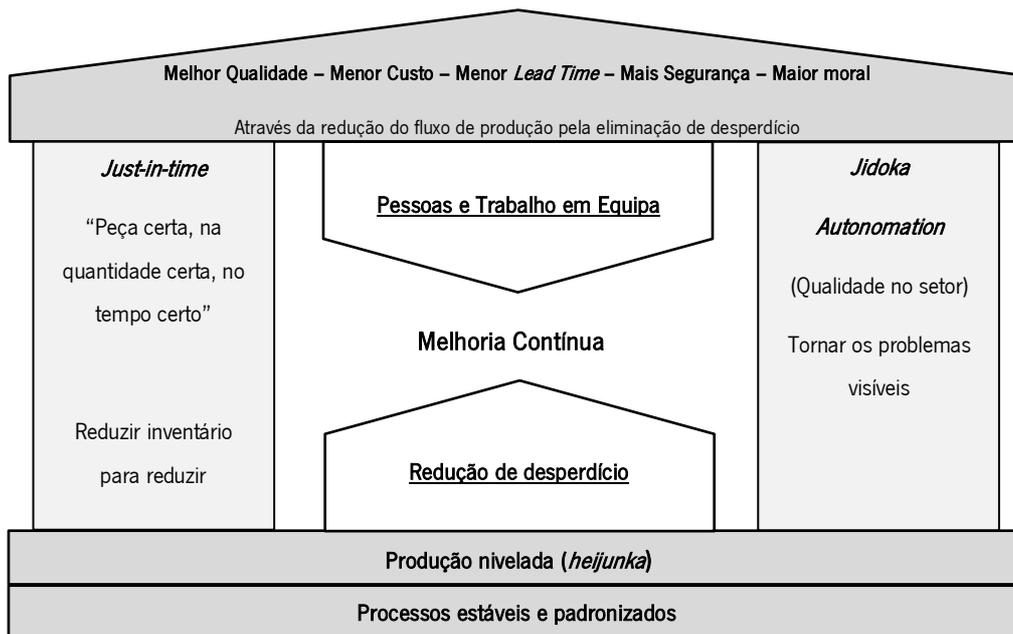


Figura 2 - A Casa do TPS

(Liker & Morgan, 2006)

Como se pode observar, a Casa do TPS é composta por 5 diferentes divisões onde cada uma tem o seu significado e respetiva função. Inicialmente, os pilares JIT e *Jidoka* como função sustentar o telhado representado pelos objetivos a alcançar. O interior da casa, como a imagem indica, representa as pessoas, trabalho em equipa e a redução de desperdício que, em conjunto conduzem para a melhoria contínua. Por fim, toda a filosofia de produção nivelada, os processos estáveis e padronizados são a base que sustentam toda a casa.

### 2.2.1 *Just-in-time*

A inclusão deste tipo de produção é justificada por SUGIMORI et al (1977) quando afirma que para se contornar todos os problemas e flutuações da procura, seria necessário um esquema que se ajustasse de forma a evitar problemas com o desequilíbrio quer de trabalhadores quer de equipamentos.

A produção JIT é um princípio em que o *lead time* é consideravelmente reduzido mantendo em conformidade a especificação do material. Para além disso, SUGIMORI et al (1977), conclui que este pilar ao verificar a forma correta de funcionamento de uma linha de produção pressupõe um estudo inicial relativo ao interior da casa TPS, estando relacionado também com acertos em equipamentos, pessoas e os seus desperdícios associados. Abdulmalek & Rajgopal et al (2007) refere também que estas características são próprias de um sistema em que o cliente define a procura iniciando o processo do pedido para toda a cadeia de abastecimento, igualando um sistema “pull” onde todas as necessidades apenas são pedidas quando são precisas.

### 2.2.2 *Jidoka*

O termo *Jidoka* resume-se à possibilidade de um operador ou a uma máquina de tomarem a decisão de interromper a produção sempre que for detetada uma anomalia ou quando a quantidade planeada para aquela produção for atingida. SUGIMORI et al (1977) define a importância deste princípio em 2 pontos:

- Evitar fazer excedentes, ou seja, se existe um objetivo de produção pedido e o operador consegue controlar isso, permite que se cumpra o pilar do JIT;
- Melhorar o controlo de produto, estando em sintonia com a capacidade de um operador parar a máquina.

Estas diferentes identificações quer de excedentes quer de controlo de qualidade tornam-se importantes em todos os processos, bem como na definição de ações corretivas e preventivas para evitar repetições de problemas.

### 2.2.3 Interior da casa TPS

De forma a interligar todas as restantes seções, o interior da casa realça a importância das pessoas a partir do trabalho em equipa e da redução de desperdícios provocando a melhoria contínua de todo o processo.

### 2.2.4 Base da casa TPS

Na base da casa estão as características que permitem a produção TPS ter processos estáveis e padronizados. Neste sentido, entra o método *heijunka* que se enquadra na redução desta desigualdade no processo de produção diminuindo a possibilidade de existir sobrecarga, prevenindo também que o processo sofra paragens constantes.

### 2.3 Princípios *Lean Manufacturing*

Um dos autores que revolucionou a pesquisa do TPS, na escrita do “*The machine that Changed the World*”, (Womack et al., 1990), percebeu que existiam algumas diferenças entre aqueles que eram os pilares da produção em massa por Henry Ford e o *Lean Production* praticado na Toyota. Para uma pesquisa acerca dos benefícios do *Lean Manufacturing*, Melton et al (2005), aborda essas mesmas diferenças comparando-as.

Tabela 1 - Comparação de Sistemas de Produção

(Melton et al., 2005)

	<b><i>Mass Production</i></b>	<b><i>Lean Production</i></b>
Baseado em	Henry Ford	Toyota
Pessoas	Profissionais com pouca ou nenhuma qualidade	Equipa multidisciplinar a todo o nível da organização
Equipamento	Máquinas caras de uso único	Sistemas manuais e automatizados produzindo grande variedade de produtos
Métodos de Produção	Grandes volumes de produtos standardizados	Produção de produtos específicos por cliente
Filosofia Organizacional	Hierárquica – Gestão fica com responsabilidade	Fluxos de valor que utilizam níveis adequados de responsabilização
Filosofia	Objetivo: Atingir o suficiente	Objetivo: Atingir a perfeição

É possível verificar que existem poucas similaridades no que toca aos comportamentos e decisões tomadas nos dois diferentes tipos de produção. Desta forma, Melton et al (2005), conclui que os produtores em massa têm oportunidades de produzir produtos *standard* por longos períodos, praticando, desta forma, preços baixos apesar de sacrificar a variedade.

Com o objetivo diferente, a produção *Lean* abrange, por outro lado, um foco na especificação de produto optando por uma grande variedade do mesmo. Para além disso, todo o seu intuito, centra-se na diminuição do desperdício, na identificação de valor e na criação do mesmo tal como afirmou Womack et al (1990). Para além disso, Melton et al (2005), após a sua pesquisa, contraria algumas fontes referindo que o *Lean Production* não se trata apenas de uma filosofia ou de uma técnica aplicável à produção automóvel, mas sim à indústria no seu geral.

Em suma, os princípios *Lean* e a sua interpretação podem-se resumir ao seguinte esquema:

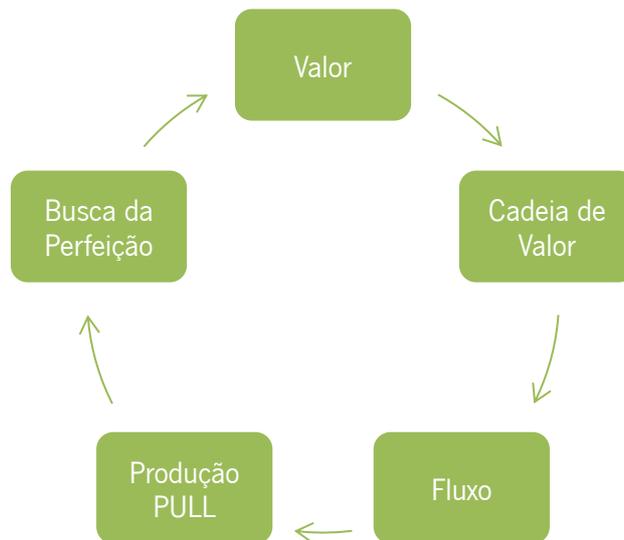


Figura 3 - Princípios do *Lean Thinking*

(Womack et al., 1990)

Inicialmente, Alves et al (2020), define a necessidade em definir o valor, sob a perspectiva do cliente e do que ele está disposto a pagar, ou seja, envolvendo a consideração das características do cliente, a finalidade da aquisição do produto, o momento dessa necessidade, a frequência desejada e o local de entrega.

De seguida, para a identificação da cadeia de valor, o mapeamento de todo o processo permite identificar aquilo que não agrega valor, desenvolvendo a definição de desperdício, permitindo-o identificar, medir e até eliminar.

Posteriormente, o objetivo é criar um fluxo contínuo através de produção unitária complementando com a eliminação de desperdícios. Tendo em conta os processos de clientes consegue-se dar a importância aos mesmos e estabelecer uma produção *pull* (puxada).

Para fechar o ciclo, após o estabelecimento de todos estes pilares, a busca da perfeição estabelece-se no processo de promoção, priorização e monitorização daquela que é a melhoria contínua de uma empresa, perfazendo assim o último pilar imprescindível ao *Lean Thinking*.

## 2.4 Desperdícios

Garantir que os processos funcionem sem sobrecargas, de maneira equilibrada e sem desperdícios é um dos objetivos fundamentais para uma empresa conseguir uma vantagem competitiva no mercado em que atua. É para esse mesmo objetivo que os 3M's existem, tratando e eliminando todas as falhas e inconsistências na cadeia de produção.

Termos tradicionais do idioma japonês e do *Lean Manufacturing* *MUDA*, *MURI* e *MURA* caracterizam-se pela identificação daqueles processos, serviços e operações que não acrescentam valor ao produto final.

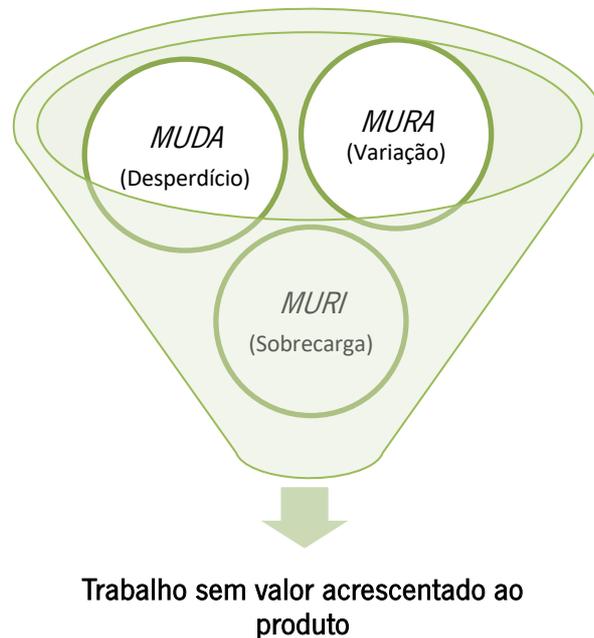


Figura 4 – Os 3M

Baseado em Ohno et al (1988)

- **MUDA:** refere-se a desperdícios relacionados com qualquer movimento desnecessário de pessoas, máquinas ou materiais. Chen et al (2010) caracteriza os *MUDA* como qualquer atividade que o cliente não está disposto a pagar por ela. Este desperdício pode ser caracterizado de transporte, *stock*, movimentos, esperas, sobre processamento, sobreprodução, defeitos. Para além da definição dos desperdícios é de extrema importância o estudo do impacto. Segundo Fercoq et al (2016) neste contexto cada um dos desperdícios poderá corresponder a:
  - Sobreprodução: produtos extra podem-se estragar e/ou tornarem-se obsoletos;
  - Esperas: potencial deterioração de materiais ou danos em componentes causando desperdício;
  - Transporte e movimentos: mais embalagens necessárias para proteger componentes e mais deslocações associadas;
  - *Stock*: exige mais embalagens para armazenar produtos ao longo do processo (WIP);
  - Movimentos;
  - Defeitos: componentes defeituosos exigem reciclagem;

- Sobre processamento: processamento desnecessário aumenta o desperdício.
- **MURA:** está relacionado com a inconsistência quer no fluxo de trabalho quer nos pedidos do cliente que criam instabilidade ao tentarem encontrar algo constante;
- **MURI:** envolvido diretamente na sobrecarga de máquinas, trabalhadores e processos. Resultante dos desperdícios anteriores, uma vez que, pode ser originado a partir de sobreprodução provocando erros e desgaste.

## 2.5 Métodos *Lean*

Neste subcapítulo irão ser abordadas e também detalhadas algumas das métodos utilizadas na metodologia *Lean Manufacturing*.

### 2.5.1 Melhoria Contínua (*Kaizen*)

*Kaizen* é descrito como “a chave para o sucesso competitivo do Japão”, Imai et al (1986). *Kaizen*, caracteriza-se também como umas das referências principais da filosofia *Lean*, segundo Imai et al (1986).

O conceito entra no propósito de melhorar continuamente os processos identificando e reduzindo desperdício, segundo Chen et al (2010). O autor afirma também que a melhor forma de acrescentar valor numa fábrica é reduzindo os 7 desperdícios associados ao *MUDA*. Acredita que a metodologia é definida como uma cultura de melhoria sustentável com o objetivo de eliminar esses mesmos desperdícios de processo.

A melhoria contínua, de acordo com Bessant et al (1994), está associada ao grande envolvimento de toda a estrutura, que acaba por contribuir, com regularidade, com ideias de melhoria a implementar. Janjić et al (2020) realça este fator, completando que um dos benefícios da implementação desta metodologia é a capacitação e desenvolvimento dos trabalhadores e a melhoria do desempenho organizacional.

Este conceito pode-se representar pelo esquema presente na Figura 5.



Figura 5 - Esquema do processo *Kaizen*

Baseado em Someka et al (2023)

Como se pode verificar, esta metodologia está associada a um processo contínuo em busca da melhoria de processos. Uma das características associadas à melhoria contínua mencionadas na Figura 5 é a medição dos resultados antes e depois das implementações, para que, assim seja possível estimar e comparar todos os resultados.

### 2.5.2 PDCA

O ciclo PDCA é uma das características associadas às metodologias mencionadas na secção 2.5.1.

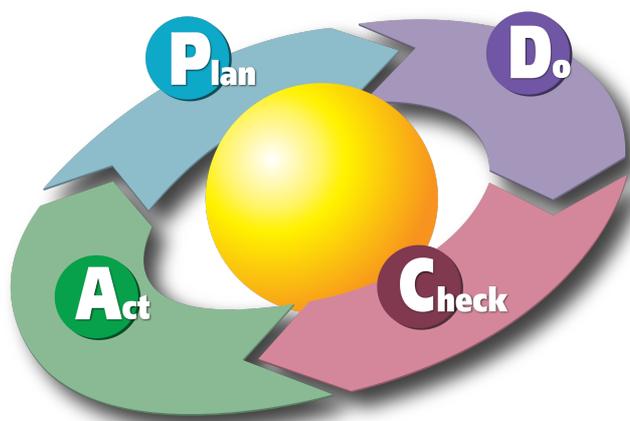


Figura 6 - Ciclo PDCA

(Bulsuk et al., 2009)

É utilizado para gerir e controlar certos processos e melhorias dividido em quatro diferentes fases:

- **Plan:** estabelece objetivo, planeamento e processos necessários para atingir o resultado esperado, tendo em conta uma avaliação prévia do estado inicial;
- **Do:** pôr em prática todo o planeamento estabelecido na fase anterior;
- **Check:** toda a informação recolhida na fase anterior é analisada, verificando se o plano foi ou não efetivo. Caso não seja, devem ser verificados os problemas de teste e voltar à fase “Do”;
- **Act:** Adotar o plano aplicado como padrão.

### 2.5.3 5S

A ferramenta 5S tem o foco principal na eficiência da organização do posto de trabalho e na padronização dos processos, segundo Abdulmalek & Rajgopal et al (2007). É referido por Gapp et al (2008) que um dos principais objetivos da prática dos 5S é maximizar o nível de saúde e segurança no local de trabalho em conjunto com o aumento da produtividade. Este autor acrescenta ainda que a implementação de 5S pode ajudar na descoberta de problemas escondidos que anteriormente ainda não tinham sido descobertos.

Jiménez et al (2015) define os 5S da seguinte forma:

- **Seiri** (organização e triagem): Remover materiais e ferramentas desnecessárias. Manter apenas o essencial;
- **Seiton** (ordem de tarefas e racionalização). Organizar o trabalho, os trabalhadores, o equipamento, as peças e as instruções de modo que o trabalho flua sem ineficiências através das tarefas de valor acrescentado com uma divisão do trabalho necessária para satisfazer a procura;
- **Seiso** (brilho e limpeza). Limpar o espaço de trabalho e todo o equipamento passa a ser responsabilidade de todos;
- **Seiketsu** (normalizar e controlo visual). Assegurar que os procedimentos e configurações ao longo da operação promovem a permutabilidade. Distinguir situações normais e anormais, utilizando regras visíveis e simples;
- **Shitsuke** (manter, disciplina e hábito). Assegurar o cumprimento disciplinado das regras e procedimentos.

Para além desta diferenciação dos 5S, Gapp et al (2008), agrupa alguns conjuntos de S's de uma maneira distinta, destacando-os da seguinte forma:

- **Ordem** (*seiri e seiton*) – de forma a maximizar eficiência e eficácia a partir da redução de carga de trabalho e dos erros humanos a partir da simplificação de processos;
- **Limpeza** (*seiso e seiketsu*) – objetivo comum de maximizar a eficácia contribuindo para o bem-estar, para a segurança, e para uma vida mais saudável, bem como para um reforço na transparência;
- **Disciplina** (*shitsuke*)

#### 2.5.4 *Standard Work*

A realização de atividades de forma aleatória, e com métodos inconsistentes é, frequentemente, responsável pela variação existente em cada processo. De acordo com Liker et al (2004) é nesta vertente que a abordagem *Lean* pode intervir em busca de redução deste desperdício.

O conceito *standard work* tem como objetivo de disponibilizar o processo da forma mais eficiente possível na atribuição de valor ao produto para o cliente. Silva et al (2017) refere como um dos principais objetivos do processo normalizado, a sua fácil compreensão, uma vez que, assim evita a possibilidade de existirem dúvidas acerca do mesmo.

Read et al (2004) apresenta alguns benefícios da implementação de *standard work*, tais como, o aumento da motivação dos colaboradores, do lucro, produtividade e eficácia, da melhoria da qualidade do produto/serviço. Para além disso aborda as vantagens da redução de desperdícios, de tempo de *setup* e dos custos de produção.

#### 2.5.5 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

A metodologia SMED foi publicada a primeira vez em 1985, por Shiego Shingo, com o principal intuito desta metodologia estar diretamente associada à diminuição do tempo de um *setup*. Todo o intervalo de tempo desde a produção do último artigo bom até ao início do seguinte, é caracterizado como tempo de *setup*.

Shingo et al (1985) divide todas as tarefas em dois tipos diferentes de operações, tais como:

- **Tarefas internas:** só podem ser executadas com a máquina parada;
- **Tarefas externas:** podem ser executadas com a máquina em funcionamento.

Na Tabela 2 encontram-se as principais fases da metodologia SMED, assim como a sua descrição e técnicas que possam ser utilizadas.

Tabela 2 - Fases da Metodologia SMED

(Shingo et al., 1985)

Etapa	Descrição	Técnicas/Instrumentos
1	Separação de operações de preparação em operações internas e operações externas	Listas de verificação; verificação de funções; melhoramento dos transportes
2	Conversão de operações internas em operações externas	Antecipação de operações; normalização de funções; recurso a padrões auxiliares
3	Racionalização de operações internas e operações externas	Racionalização do armazenamento e transporte de materiais e ferramentas; implementação de operações paralelas; recurso a fixadores rápidos; eliminação de afinações finais; automação

Sousa et al (2022) descreve a fase 3 como a mais complexa, mas que sem ela é normalmente difícil atingirem-se os valores de tempo de preparação pretendidos.

O autor, Shingo et al (1985), acrescenta ainda uma fase preliminar, onde todas as atividades internas (INT) e externas (EXT) não estão diferenciadas ou mapeadas, tal como se pode observar na Figura 7.

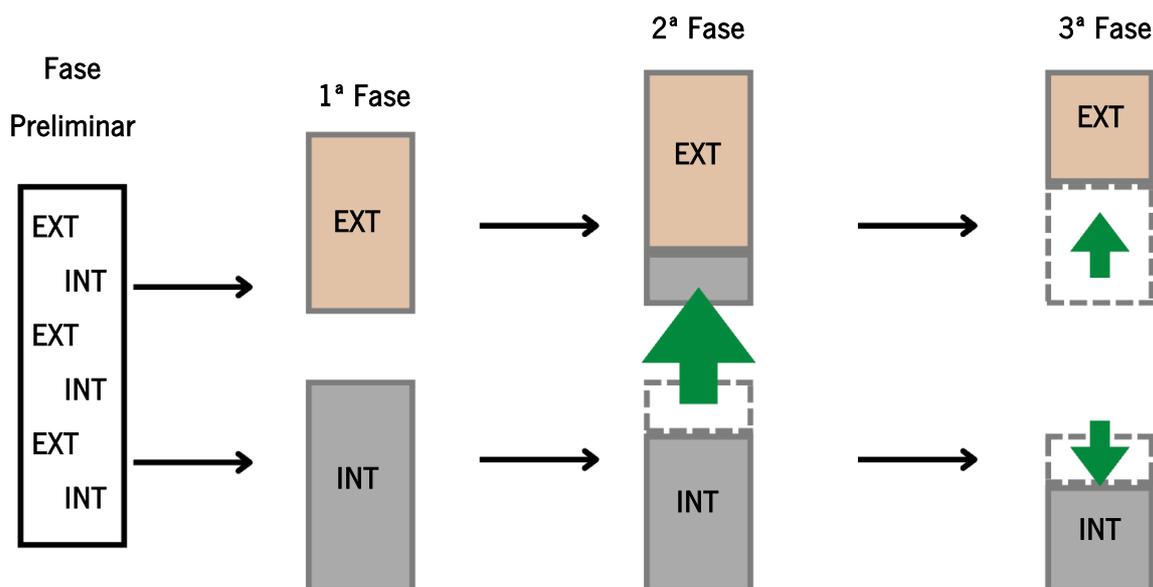


Figura 7 - Fases da Metodologia SMED

Para além de toda a vantagem da diminuição do tempo de setup, Sundar et al (2014), refere que a flexibilidade do sistema e o aumento da produtividade são notórios com a implementação de SMED. O mesmo, refere que a implementação da metodologia não deve ser feita de forma independente. Toda a instituição deverá aliar a padronização de todos os processos, de forma a, atingir o equilíbrio nos mesmos.

### 3. ENQUADRAMENTO DA EMPRESA

Foi com o objetivo de melhorar continuamente a oferta de melhores soluções de embalagem, que a Intraplás, S.A. foi fundada no ano de 1968, pelo Comendador da Ordem do Mérito Alberto Machado Ferreira.

Nos últimos anos, a este objetivo foi incorporada a preocupação e a vontade de produzir e promover embalagens sustentáveis e inovadoras que possibilitem uma vasta diferenciação de produtos/serviços.

A diversidade dos produtos que oferece concentra-se em três famílias: embalagens alimentares, laminados para *dairy* e copos de bebidas.



Figura 8 - Embalagens comercializadas na Intraplás

Como resultado de toda a sua história, dos seus produtos e da vontade contínua em melhorar, a Intraplás, consegue atingir e cumprir as necessidades dos seus grandes clientes dentro do mercado que está inserida.

### 3.1 História da empresa

A Intraplás teve algumas alterações organizacionais, bem como mudanças nos produtos/serviços disponibilizados e atualizações tecnológicas ao longo dos anos:

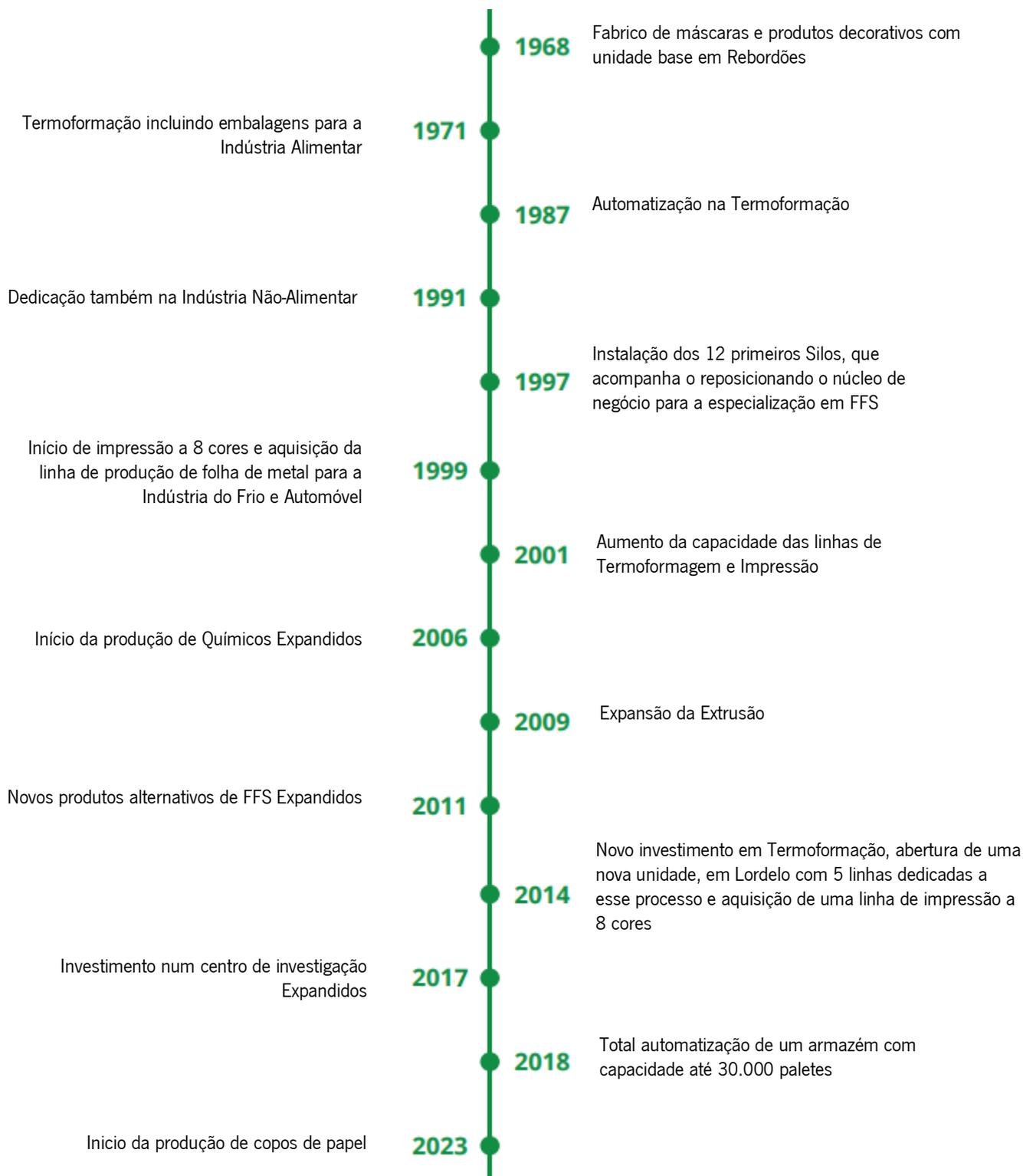


Figura 9 - Cronograma histórico da Intraplás

Estrategicamente a visão para o futuro da Intraplás passa pela consolidação da relação existente com os seus clientes e parceiros.

A competitividade e a melhoria da capacidade de resposta aos clientes atuam em conjunto para reforçar a posição como empresa de referência no mercado.

Posto isto, a Intraplás compromete-se a investir na formação de todos os colaboradores da empresa, a modernizar equipamentos e a implementar novos sistemas de tecnologias de informação gerando e criando mais valor para os seus parceiros.

### 3.2 Certificações do sistema de gestão da qualidade

Tendo em conta toda a sua estratégia e de forma a comprovar os níveis de exigência e excelência a que se propõe, e que lhe permite manter a sua posição no mercado alimentar, a Intraplás acompanha a sua história com uma procura constante da sua certificação.

Como garantias aos clientes são apresentadas certificações como o *British Retail Consortium* (BRC), ISO 9001, *Measuring Instrument Directive* (MID), *BRGS Packaging Materials*, ISCC, *Ecovadis Business Sustainability Ratings*, PEFC e FSC.

Com os seus produtos presentes em mais de 30 países e a uma escala mundial, a Intraplás compromete-se desde cedo com a Sustentabilidade e a circularidade.

É de referir que, as últimas quatro certificações mencionadas focam-se essencialmente na sustentabilidade, baseadas numa das principais preocupações da atualidade em todo o mundo e também da Intraplás, onde se tem tornado ao longo dos anos uma forma de vida para além de um mero objetivo a atingir pela empresa.

### 3.3 Organização e áreas produtivas

Atualmente a Intraplás está organizada em 8 departamentos, apresentados no Anexo 1 – Organigrama Intraplás, e em duas unidades fabris diferentes (UF Rebordões e UF Lordelo).

O departamento Industrial é o departamento de acolhimento deste trabalho e é o departamento responsável pela gestão das duas unidades fabris.

A equipa industrial é composta por:

- Produção: dividida em quatro diferentes equipas de operadores, a produção é responsável por toda a transformação de matéria-prima em produto acabado;

- Qualidade Operacional: à semelhança da produção existem quatro diferentes equipas, sendo que, estas estão dedicadas à verificação e controlo das características do material e à homologação de produtos novos;
- Manutenção: equipa responsável pela manutenção do equipamento (preventiva e corretiva) tanto elétrica como mecânica, sendo que também auxiliam em algumas mudanças de produção onde são exigidas alterações estruturais à linha;
- Logística Interna: equipa dedicada ao transporte de matéria-prima desde o armazém para a zona de produção e vice-versa;
- Industrialização: equipa responsável pelo desenvolvimento do processo produtivo de produtos novos e de apoio técnico de produtos em série;
- Infraestruturas: equipa dedicada à gestão dos edifícios, licenciamento industrial, e administração dos periféricos de ambas as unidades fabris (manutenção e estudo energético);
- Excelência Operacional: presente em ambas as unidades e dedica-se ao desenvolvimento de projetos e de ações que permitam a evolução do desempenho operacional e ao acompanhamento às outras equipas com foco principal na promoção da melhoria contínua de processos.

O departamento Industrial é, assim, o departamento responsável pela gestão das duas unidades fabris, como referido anteriormente, e cada UF está vocacionada para um tipo de produto.

A UF Lordelo produz copos e embalagens alimentares pelos processos de termoformação e impressão. A unidade tem 14 linhas de termoformação e 7 linhas de impressão. É nesta unidade que está a ser implementada a produção de copos de papel.

Por sua vez, a UF Rebordões é a unidade que produz filme plástico através do processo de extrusão. A unidade tem atualmente 7 linhas de extrusão e é onde se centra o desenvolvimento do trabalho desta dissertação. As próximas duas seções são dedicadas a aprofundar as características dessa mesma unidade.

### 3.4 Descrição geral do sistema produtivo

A UF Rebordões é responsável pela produção de filme de plástico que servirá para a produção de embalagens alimentares. Estas embalagens alimentares podem ser produzidas na UF Lordelo ou nos clientes durante a produção dos seus produtos alimentares (em linha com a produção do alimento).

Este filme plástico, também denominado de “laminado”, é entregue aos clientes segundo as suas especificações e sob a forma de bobine ou de carrinho (imagens abaixo ilustrativas).

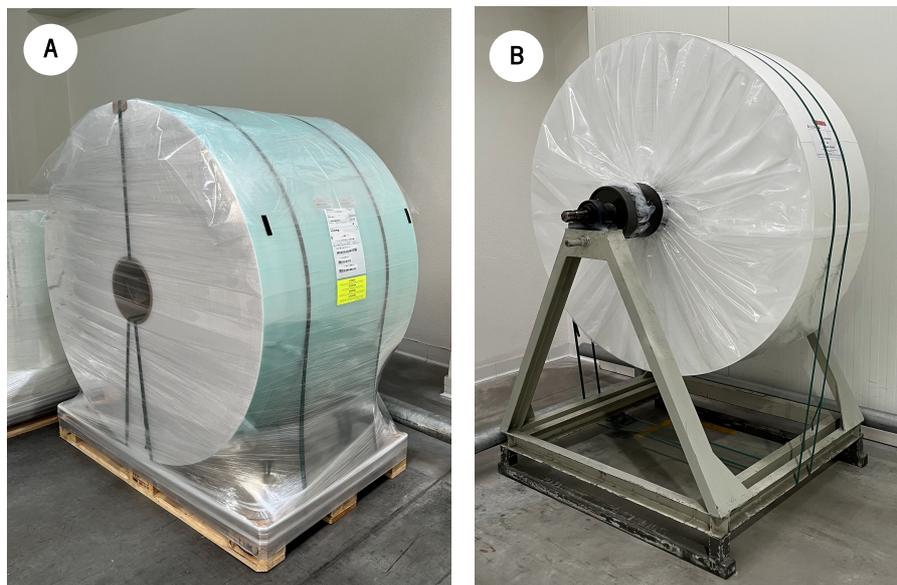


Figura 10 - Exemplo de embalagem em (a) bobine e (b) carrinho

A unidade tem a capacidade de produzir uma vasta gama de produtos nas suas atuais 7 linhas de extrusão, representando uma produção de aproximadamente 53 mil toneladas no ano transato de 2022. Todas as toneladas produzidas no ano transato consistem em dois tipos de polímero: poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET).

Na Tabela 3 é apresentado um resumo da dedicação da unidade por cada um destes tipos de polímero.

Tabela 3 - Características de produção por polímero

Tipo de polímero	Volume produzido 2022	Nº referências produzidas	Capacidade produtiva anual (máxima)	Linhas de produção dedicadas	Utilização da embalagem no cliente
PS	46,6 mil TON	370	61,5 mil TON	6	logurte, gelatina, sobremesas frias, conservação de comida à temperatura ambiente
PET	6,1 mil TON	33	9,3 mil TON	1	logurte, gelatina, sobremesas frias, molhos e cuvetes de comida sólida (e.g. tortilha)

Com o intuito de assumir um forte compromisso com a sustentabilidade e circularidade de materiais, a Intraplás capacitou todas as máquinas de reintegrar produtos reciclados, com origem interna ou externa.

O material reciclado com origem interna é todo o material que seja excesso de produção e/ou que tenha defeito e que é internamente moído e novamente utilizado no processo. Esta reciclagem acontece em circuito fechado com moinhos em cada linha de extrusão, garantindo a integridade da matéria-prima e eliminando o risco de contaminação.

O material reciclado com origem externa é todo o material sobrando no processo do cliente. Este material não chega diretamente à Intraplás, passando anteriormente por parceiros de reciclagem química (lavagem e trituração de material) antes de ser recebido nas instalações e ser utilizado no processo de extrusão.

O processo de extrusão de filmes plásticos consiste na transformação de matérias-primas granuladas através da aplicação de forças mecânicas e tratamento térmico.

As etapas do processo de extrusão de filmes plásticos são:

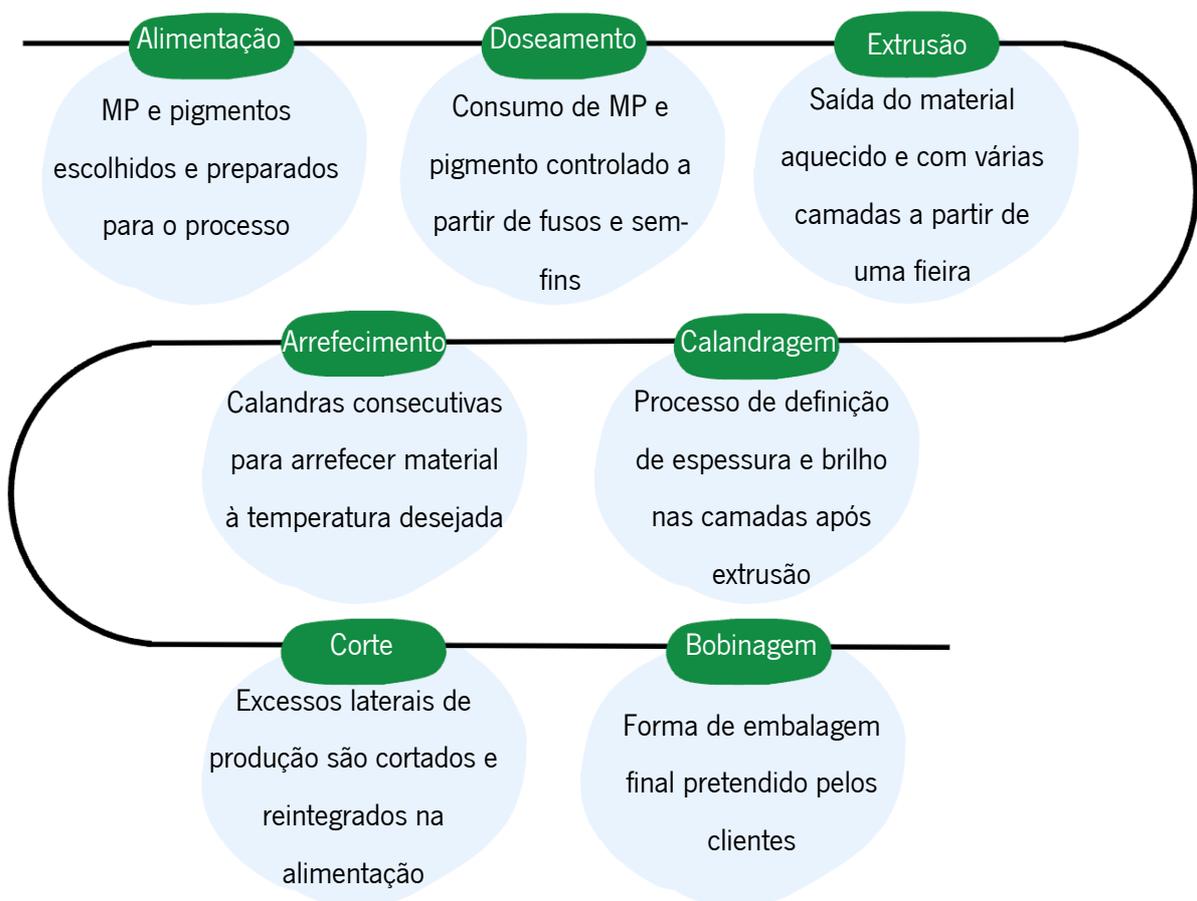


Figura 11 - Diagrama das diferentes fases de produção

Naturalmente, pelas gamas de temperatura e pressão necessárias, este processo de extrusão exige linhas de produção de grande escala, obrigando a empresa a funcionar em regime de laboração contínua (24/7).

A laboração contínua é decisiva no controlo de custos associados ao processo, dado os custos de paragens de produção serem bastante elevados devido à necessidade de aquecimento/arrefecimento dos equipamentos.

Ainda na extrusão de polímeros, e devido ao impacto que as condições de processo têm na futura aplicação do laminado, todo o processo é conhecido pela sua alta precisão. Esta precisão exige que existam documentos de suporte e processos de monitorização e controlo por parte das equipas em todos os seus procedimentos.

Na tabela seguinte encontram-se os documentos que permitem esse controlo e monitorização:

Tabela 4 - Documentos de controlo e monitorização no posto de trabalho

Documento	Informação	Método	Responsável
<u>Ordem de produção</u> (OP)	Quantidade a produzir Dados técnicos do produto (MP a utilizar, embalamento pretendido, limites e tolerâncias de requisitos de cliente para características a controlar, ...)	Preparação da linha tendo em conta todos os materiais e especificações de produto na ordem de produção	Criação: planeadores de produção Recolha: Operadores Utilização: Operadores, técnicos de produto e de qualidade
<u>Ficha Técnica</u> (FT)	Condições de processo a cumprir (Temperaturas, velocidades, pressões, quantidades de matéria-prima/ reciclado/ pigmento por extrusora, ...)	Preparação da linha tendo em conta as condições de processo pedidas - acompanha sempre a ordem de produção	Criação: técnicos de produto Recolha: Operadores Utilização: Operadores, técnicos de produto e de qualidade
<u>Controlo de processo</u>	Ensaio a serem realizados às características e limites e tolerâncias de aceitação para cada característica	Realização de ensaios a cada hora em regime de autocontrolo pelos operadores, e realização de ensaios uma vez por turno em regime de controlo de produto pelo controlo de qualidade	Criação: técnicos de controlo de qualidade Entrega: técnicos de qualidade Utilização: operadores e técnicos de controlo de qualidade

Assim, ao pôr em prática este tipo de documentos, é possível para os colaboradores criarem hábitos de controlo e de responsabilidade na linha, uma vez que têm acesso a todas as especificidades exigidas pelo cliente.

### 3.5 Caracterização da linha de extrusão em estudo

Das setes linhas de extrusão presentes na unidade, a linha alvo de estudo é a linha EX14.

A EX14 tem a particularidade de produzir artigos que mais nenhuma linha da unidade é capaz. A gama de produtos que a linha está capacitada a produzir é:



Figura 12 - Gama de artigos EX14

Qualquer destas gamas podem ser produzidas com larguras entre 850 e 1300 mm, dentro da gama de espessuras 500 e 1600  $\mu\text{m}$ , com ou sem gaseificação com azoto ( $\text{N}_2$ ).

A linha apenas processa atualmente o polímero PS, mas tem capacidade para processar materiais como polietileno (PE) e polipropileno (PP).

A EX14 é a maior linha de extrusão da unidade não só pelo seu total de 9 extrusoras, comparativamente ao máximo de 4 extrusoras das restantes linhas, mas por representar 15,2% da produção anual e pela sua capacidade para produzir aproximadamente 1,4ton/h.

Para contextualização da dimensão da linha de extrusão, o layout da mesma é apresentado na Figura 14, com cada fase de processo sobreposto. Cada fase apresentada coincide com as fases apresentadas na Figura 11.

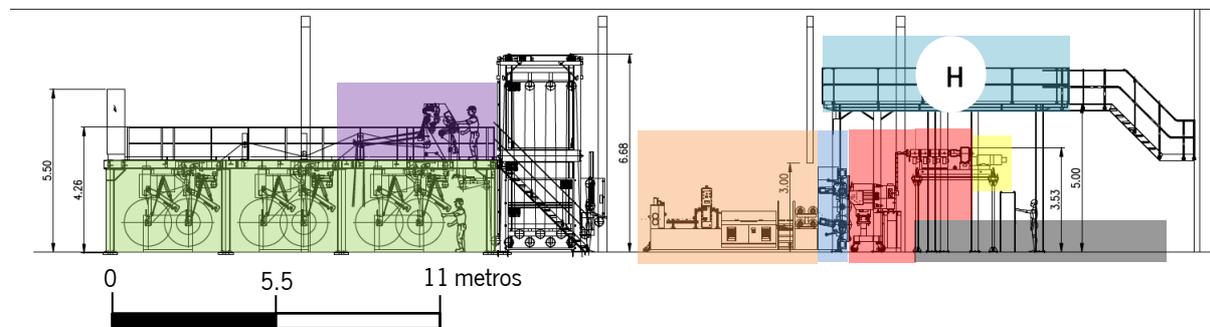


Figura 13 - *Layout* 2D da vista frontal da linha de extrusão EX14

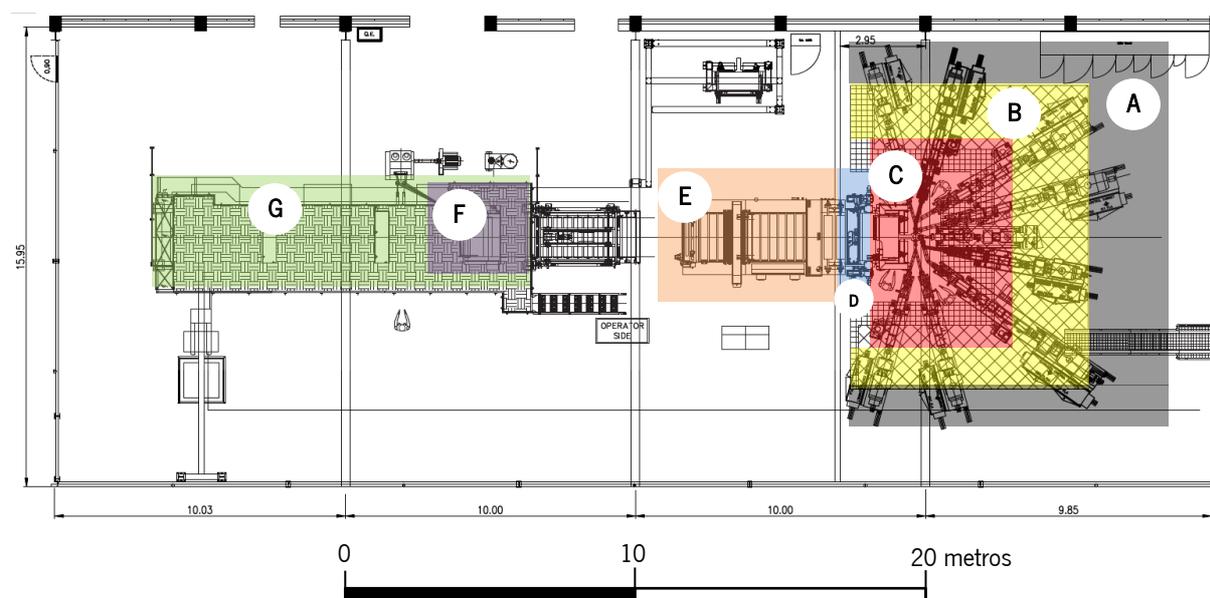


Figura 14 - *Layout* 2D da vista de cima da linha de extrusão EX14

Legenda:

(A): Zona de alimentação a partir de balseiros de pigmento;

(B): Zona de doseamento;

(C): Zona de extrusão;

(D): Zona de calandragem;

(E): Zona de arrefecimento;

(F): Zona de corte;

(G): Zona de Bobinagem.

(H): Zona de Alimentação piso superior

Ainda pertencentes à linha, mas não identificados nas figuras acima, são os recursos humanos dos quatro turnos de produção e um moinho de trituração de desperdício gerado na linha. À EX14 estão associados, por turno, 2 operadores, um chefe de equipa e um operador dos moinhos.

Os operadores da linha são denominados como “1º operador” e “2º Operador” e estão inteiramente dedicados à linha. O “1º operador” é o responsável máximo da máquina e o que tem as competências para afinação de material e resolução de problemas de não conformidade de características de processo ou de produto. O “2º operador” é o operador responsável por executar as tarefas necessárias à zona de corte e de bobinagem, e por auxiliar o “1º operador” nas mudanças de produção.

Por sua vez, o operador dos moinhos é encarregue de moer todo o material excedente da produção no moinho dedicado à linha e, em mudanças de produção mais complexas, auxiliar nas tarefas do “2º operador”.

Por último, o chefe de equipa não está dedicado exclusivamente à linha EX14 e é o gestor de toda a sala de produção. O chefe de equipa tem como principal função apoiar os operadores na execução de tarefas sempre que necessário, monitorizar mudanças de produção e resolver todos os constrangimentos associados à gestão de recursos da linha (humanos ou materiais).

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO INICIAL

No presente capítulo é apresentado o estado inicial do processo produtivo que estará diretamente envolvido no decorrer de toda a Dissertação e do projeto iniciado na Intraplás.

### 4.1 Métricas utilizadas para monitorização dos resultados

De forma a acompanhar continuamente os seus resultados operacionais, a Intraplás utiliza indicadores de *performance* (KPI's - *Key Performance Indicators*).

Estes indicadores têm como objetivo a medição de desempenho da área produtiva, e de cada linha de produção especificamente, e são traduzidos em resultados energéticos e produtivos, e padrões comportamentais.

Estes resultados permitem avaliar a prestação das equipas de produção, as ineficiências do processo, o custo da não qualidade e a energia gasta.

Todas as ineficiências incluídas na nomenclatura da empresa são classificadas como tempo afetado. Este pode ser dividido em 3 diferentes vertentes: tempo de avarias, tempo de paragens induzidas e tempo de paragens funcionais.

O tempo de avaria está relacionado diretamente com todos os materiais associados à linha de produção, ou seja, pode ser de equipamento ou de infraestrutura.

O tempo de paragem induzida, mais relacionado com algo externo à linha, pode ser classificado como falta de energia, falta ou defeito de matéria-prima e falta de pessoal.

Por fim, o tempo de paragem funcional, é relacionado com os defeitos inerentes ao processo, ou seja, pode estar relacionado com mudanças de produção, arranque de máquina, afinação e limpeza.

Os *KPI's* utilizados pela Intraplás atualmente para as equipas operacionais, e que utilizam os registos de tempo e peso referidos, baseiam-se em três essenciais: rendimento operacional (%), taxa de desperdício de processo (%) e consumo energético (kWh/tonelada líquida). As duas primeiras métricas são inclusivamente utilizadas ao longo de todo o trabalho desenvolvido para medição da evolução face às melhorias propostas e implementadas. A evolução do consumo energético neste projeto não será acompanhada, porém com possíveis melhorias de rendimento e desperdício esta métrica sofrerá resultados positivos, uma vez que está diretamente ligada aos mesmos.

#### 4.1.1 Rendimento Operacional

O rendimento operacional é obtido em percentagem e é utilizada a respetiva fórmula:

Equação 1 - Rendimento Operacional

$$\text{Rendimento Operacional} = \text{Disponibilidade Operacional} \times \text{Rendimento de Velocidade}$$

A perseguição por este indicador é na obtenção de um resultado o mais próximo do 100%, garantido sempre a estabilidade de processo.

Tal como a fórmula representa, o resultado do rendimento operacional é diretamente proporcional à disponibilidade operacional e ao rendimento velocidade.

A disponibilidade operacional é calculada da seguinte forma:

Equação 2 - Disponibilidade Operacional

$$\text{Disponibilidade Operacional} = \frac{\text{Tempo de Produção Efetiva}}{\text{Tempo Disponível para Produção}}$$

Para a disponibilidade operacional diminuir e ser inferior a 100%, são considerados como fatores influenciadores todos aqueles que diminuam o tempo que a máquina esteja disponível para produzir, ou seja, qualquer uma das ineficiências que entrem no tempo afetado da máquina.

O tempo disponível para produção é o tempo afetado da linha. O tempo afetado da linha é o tempo máximo que uma linha pode estar a produzir, e representa a soma do tempo de produção efetiva com o tempo de ineficiência.

Apenas as manutenções preventivas e paragens previstas no plano diretor de produção não são contabilizadas como paragem no tempo afetado da máquina, não estando incluídas as pausas para repouso/refeição. Todo o restante tempo gasto sem a máquina estar a produzir quantidade líquida é considerado ineficiência.

Por sua vez, o rendimento velocidade é calculado por comparação entre a cadência real (kg/h) e a cadência teórica da máquina para cada artigo produzido.

$$\text{Rendimento de Velocidade} = \frac{\text{Tempo Previsto de Produção Efetiva}}{\text{Tempo de Produção Efetiva}}$$

À semelhança da disponibilidade operacional, também o rendimento velocidade pode ser inferior a 100%, significando que as máquinas estão a funcionar a cadência inferior à definida.

Situações onde a cadência real seja significativamente inferior à cadência teórica podem acontecer quando existem dificuldades no processamento do material ou nas condições do equipamento, e seja necessário adequar periodicamente a velocidades de trabalho da máquina.

No entanto, o valor do rendimento pode também ultrapassar os 100%.

Este rendimento velocidade superior pode acontecer momentaneamente nos casos em que máquina esteja a sofrer alterações para melhorar o seu rendimento.

Como existe um objetivo de melhoria contínua da linha e de todas as máquinas, as cadências teóricas têm de ser adequadas à medida que sejam feitas alterações.

Para proceder à alteração eficaz e *online* das cadências, é necessária uma monitorização constante acerca da evolução das mesmas.

#### 4.1.2 Desperdício de processo

O desperdício de processo, à semelhança dos indicadores anteriores, é apresentado em percentagem. Este, por sua vez, analisa a quantidade desperdiçada tendo em conta a quantidade bruta produzida na linha.

$$\text{Desperdício de Processo} = \frac{\text{Quantidade Desperdiçada}}{\text{Quantidade Bruta}}$$

No panorama geral de uma linha de produção, considera-se quantidade desperdiçada todo o material que não seja aproveitado numa bobine, ou seja, todo o excesso de produção das laterais e todas as bobines com defeito entram nesta classificação.

De forma a perceber melhor a dimensão da desvantagem do desperdício de processo, existem duas métricas que podem ser analisadas tendo em conta os dados recolhidos. Estas são representadas nas seguintes equações:

Equação 5 - Tempo desperdiçado por tonelada

$$\text{Tempo desperdiçado por tonelada} = \frac{\text{Tempo Desperdiçado (min)}}{\text{Produção Efetiva (ton)}}$$

Equação 6 - Material desperdiçado por tonelada

$$\text{Material desperdiçado por tonelada} = \frac{\text{Desperdício de Processo (ton)}}{\text{Produção Efetiva (ton)}}$$

No âmbito da análise do desperdício, consegue-se ter uma melhor perspetiva comparando a análise apenas do desperdício, quantificando o material desperdiçado a cada tonelada produzida ou o tempo esperado extra necessário para produzir uma tonelada aproveitada para o cliente.

#### 4.1.3 Análises das Métricas

Atualmente existem vários momentos onde as equipas operacionais analisam os resultados destas métricas com intervalos diários, semanais e mensais.

Todos os dias, no primeiro período da manhã, uma equipa reúne durante 15 minutos para que seja apresentado um resumo das últimas vinte e quatro horas do estado atual de cada linha de produção.

Esta equipa é constituída por um representante de cada uma das áreas afetas à produção: Chefe de Equipa, Responsável de Produção, Controlo de Produto, Manutenção, Excelência Operacional, Segurança e Higiene no Trabalho, Logística, Qualidade e Técnicos de Industrialização.

Nesta reunião diária são tomadas conclusões práticas e ações imediatas para os constrangimentos a decorrer e que estejam a afetar os resultados.

Posteriormente, no primeiro dia útil da semana, são analisados pelos responsáveis de processo o resultado da semana terminada, definidas ações de médio prazo caso necessárias, e partilhadas com os chefes de equipa que poderão transmitir às suas equipas de produção.

Por último, mensalmente é feito um resumo mais aprofundado acerca do estado de cada uma das unidades, onde são tomadas decisões macro, delineando-se objetivos, revistos os próximos passos e atribuição de ações a cada responsável.

Este acompanhamento constante das métricas apresentadas é a base principal da melhoria contínua dos processos para uma evolução operacional.

## 4.2 Caracterização da situação inicial

Com as métricas para a monitorização dos resultados nas unidades identificadas, nesta secção são apresentados os resultados de performance do estado inicial deste trabalho e a análise ao mesmo em função de todos os parâmetros disponibilizados a partir do registo de produção realizado diariamente.

O objetivo e o resultado para cada um dos KPI's na unidade de Rebordões, e em cada uma das suas sete linhas de produção, no ano de 2022 é apresentado na tabela seguinte:

Tabela 5 - Resultados dos KPI's em 2022 e objetivos de 2023

KPI	Rendimento Operacional		Desperdício de processo	
	Resultado'22	Objetivo '23	Resultado'22	Objetivo '23
EX01	81,9%	89%	8,4%	7,5%
EX05	89,1%	89%	4,2%	4,7%
EX09	89,1%	90%	3,6%	4,5%
EX11	90,4%	90%	3,7%	3,5%
EX12	91,3%	92%	4,0%	4,0%
<b>EX14</b>	<b>78,8%</b>	<b>86%</b>	<b>9,2%</b>	<b>8,5%</b>
EX20	83,4%	91%	11,3%	8,5%

É de realçar a EX14, que apresenta uma diferença menos positiva, essencialmente no baixo Rendimento Operacional, associado à sua baixa Disponibilidade Operacional e no Desperdício de Processo. Tendo isso em conta, a EX14 tornou-se o objetivo mais ambicioso a ser atingido, justificando ainda mais a necessidade de tomar ações de resolução da sua pouca eficiência.

Na EX14 estão presentes vários tipos de ineficiências de máquina. Tendo isso em conta, inicia-se o estudo mais específico acerca dos principais constrangimentos existentes dentro da produção, de forma a encontrar oportunidades de melhoria.

Tabela 6 - Processos com desperdício na EX14

Tipo de Desperdício	Impacto Negativo	Desperdício	Representatividade (ton)	Desperdício
Mudanças de produção	Disponibilidade Operacional	441,5 ton	63,3%	886,8 horas
Defeito de produto	Desperdício de processo	110,6 ton	15,8%	96,3 horas
Limpeza	Disponibilidade Operacional	97,7 ton	14%	133,3 horas
Afinação	Disponibilidade Operacional	48,2 ton	6,9%	54,5 horas
	<b>Total</b>	<b>698 ton</b>	<b>100%</b>	<b>1170,9 horas</b>

Analisando ainda o ano de 2022, e utilizando as métricas identificadas na Equação 5 e Equação 6, os resultados por tonelada boa são:

Tabela 7 - Tempo desperdiçado e tonelada desperdiçada por tonelada em 2022

Métrica	Tempo desperdiçado por tonelada	Material desperdiçado por tonelada
Valor	10 minutos	102 kg
Leitura	Para se produzir 1000kg de uma encomenda de cliente seria necessário, em média, debitar 1102kg de material e gastar 10 minutos extra do tempo de processamento	

Desta forma, a empresa tornou a linha EX14 como o foco de estudo para 2023 abrindo um projeto de melhoria dedicado – Projeto Íris.

#### 4.2.1 Contextualização do projeto Íris

Para o cumprimento dos objetivos principais face às necessidades, a Intraplás cria o *Projeto Íris* com o foco na melhoria da eficiência operacional da linha EX14.

Para a execução do projeto foi criada uma equipa específica e transversal à operação, constituída por vários elementos capazes de contribuir para a evolução deste projeto.

A equipa é formada pelo responsável da unidade e o responsável de produção pela capacidade de facilitar e agilizar a comunicação com os operadores e outros departamentos.

Em complemento, faz parte da equipa o responsável de produto para garantir que todas as alterações mantenham os requisitos necessários pelos clientes.

Na ótica de auxiliar nas alterações de equipamento necessárias à melhoria, o responsável da equipa de Manutenção é também interveniente.

O técnico de produção e o chefe de equipa agem como responsáveis de delinear o estado atual e auxiliar na otimização.

Por fim, a equipa de excelência operacional é a responsável pela gestão do projeto.

O projeto está distribuído em seis grupos de trabalho diferentes. Cada grupo de trabalho tem como propósito a atuação numa vertente específica do projeto, sendo alocados os recursos anteriormente referidos em cada grupo de trabalho.

Relativamente aos grupos, estes são divididos em 6, sendo eles:

- Matrizes de *Setup*
  - Desenvolvimento de uma matriz de setup capaz de apresentar valores concretos acerca do tempo necessário para uma mudança de produção.
- Otimização de *Setup*
  - Otimização e standardização de tarefas inerentes a uma troca de produção.
- Otimização de Equipamento
  - Otimização das condições atuais na máquina, possibilitando a melhoria das condições de trabalho e melhor rendimento por parte dos colaboradores.
- Retenção de Conhecimento
  - Criação de metodologias de trabalho recorrendo a gravações das mesmas, permitindo uma revisão de instruções de trabalho mais facilitada quer no *Onboarding* de um colaborador quer numa consulta durante a produção.
- Validação de Estruturas
  - Estudo acerca da estrutura definida para cada produto e se esta é a mais acertada de forma a garantir o melhor desempenho energético da linha.
- Pessoas e Sinergias
  - Como o projeto tem como finalidade alterar os procedimentos atuais da linha, a sincronia entre os operadores das linhas é essencial. Este grupo tem como objetivo estudar as melhores opções de distribuição de pessoal pelas tarefas necessárias enaltecendo a necessidade da existência do trabalho em equipa.

#### 4.2.2 Integração no projeto Íris

Como já foi realçado na Tabela 6, o processo que mais influencia negativamente quer no tempo despendido quer no desperdício, são as “Mudanças de Produção”.

O impacto desta causa de ineficiência pode ainda ser agravado se for somado as causas indiretas que ocorrem associadas a uma mudança de produção: limpezas de fim de produção ou afinações por mudança ineficiente.

A Tabela 8 apresenta os dados de % de desperdício e tempo gasto associados a mudanças de produção:

Tabela 8 - Desperdícios associados às mudanças de produção

Tipo de Desperdício	Desperdício (TON)	Tempo Gasto (h)
Mudanças de produção	441,5	886,8
Limpeza: Fim de produção	84,2	111,5
Afinação após mudança	39,7	40
<b>Total</b>	<b>565,4</b>	<b>1038,3</b>

Analisando a tabela anterior, torna-se urgente que as melhorias da linha aconteçam com o objetivo de melhorar o desempenho em mudanças de produção.

Neste âmbito, os dois primeiros grupos apresentados do projeto Íris (“Matrizes de *Setups*” e “Otimização de *Setups*”) são classificados como prioritários.

Posto isto, o trabalho desta dissertação debruça-se essencialmente na participação direta nestes dois grupos de trabalho.

#### 4.2.3 Caracterização de mudanças de produção

Uma mudança de produção acontece sempre que o produto em produção é interrompido e se começa a produzir um outro, sendo o tempo de uma mudança de produção equivalente a todo o tempo utilizado desde o início da mudança até à saída da primeira peça (bobine) boa.

Uma mudança de produção implica sempre alguma alteração no processo, quer seja a nível estrutural da linha quer seja de matéria-prima.

Existem seis tipos de mudança identificados que acontecem na linha de produção EX14:

- Mudança de Feira: este procedimento é efetuado sempre que se altera estruturalmente a máquina trocando a feira de uma produção de laminado PS multicolor para laminado PS monocolor ou vice-versa;

- Mudança de Seletor: este procedimento acontece aquando da necessidade de trocar as camadas do laminado pretendido;
- Mudança de Largura: em situações de alteração de largura é necessário a abertura ou fecho dos calços;
- Mudança de Cor: neste tipo de mudança é alterado o pigmento usado na produção;
- Mudança de Espessura: processo de tornar o material produzido mais grosso ou fino, tendo em conta a necessidade de produção;
- Mudança de Acondicionamento: alteração do modo de aproveitamento do produto, de 1, 2 ou 3 bobines, ao mesmo tempo, ou até mesmo em carrinhos.

Todas as alterações de processo mencionadas estão associadas a uma classificação no sistema de gestão que, desta forma, permite a análise e o acompanhamento das mesmas a partir das métricas apresentadas anteriormente.

Posto isto, apresenta-se na tabela, a classificação atribuída a cada tipo de mudança tendo em conta a nomenclatura utilizada.

Tabela 9 - Classificação utilizada pelo tipo de mudança

Classificação	Tipo de Mudança	Alteração da linha com paragem	Alteração da linha sem paragem	Alteração de materiais com paragem	Alteração de materiais sem paragem
Mudança de dimensões com paragem	Mudança de espessura	X			
	Mudança de largura	X			
	Mudança de embalagem e bobinagem	X			
	Mudança de seletor	X		X	
Mudança de Fusos e/ou Fieira	Mudança de Fieira	X			
Mudança sem paragem	Mudança de mistura e/ou pigmento				X
	Mudança de embalagem e bobinagem		X		
	Mudança de espessura		X		

Tendo em conta a distribuição acima apresentada, apresenta-se de seguida as ineficiências mais impactantes na EX14 no ano de 2022.

Tabela 10 - Tempo gasto em ineficiências

<b>Tipo de Ineficiência</b>	<b>Tempo Gasto (Dias)</b>	<b>(%)</b>
Mudança de dimensões com paragem	12,38	52,3
Mudança de Fusos e/ou Feira	9,88	41,7
Mudança de cor sem paragem	1,43	6
<b>Total</b>	<b>23,69</b>	<b>100</b>

Dentro do tempo gasto em dias nas mudanças, este divide-se essencialmente em mudanças de dimensões e mudanças de fusos e/ou feira, representando um total de mais de 22 dias de máquina parada apenas para mudanças de produção.

## 5. DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

Inicialmente, para a identificação de possíveis melhorias e, posteriormente, para o aumento de desempenho da linha, é necessária uma análise das atividades associadas a *setups* e comportamentos na linha de produção.

Na tabela seguinte são apresentadas as atividades da fase de análise diagnóstica das mudanças de produção.

Tabela 11 - Atividades e metodologias utilizadas na análise das mudanças de produção

Atividade de análise/diagnóstico	Metodologia
<u>Mapeamento de setup</u>	Fluxograma de processos BPMN
<u>Recolha de tempos de execução</u>	Observação de setups
<u>Classificação de desperdícios</u>	Desperdício MUDA
<u>Causas de problemas identificados</u>	Diagrama de Causas

O mapeamento de setups é apresentado na secção 5.1 e tem como objetivo identificar todas as tarefas associadas a uma mudança de produção, os responsáveis por cada tarefa e a ordem com que devem acontecer.

Na secção 5.2, e com base no mapeamento de setups desenhado, são observados os tempos reais de execução de cada tarefa de setup através do acompanhamento de cada setup na linha de produção.

A observação de setups permite a identificação de comportamentos menos saudáveis que podem ser classificados segundo os desperdícios MUDA. Esta classificação é apresentada na secção 5.3.

Por último, e tendo a análise diagnóstica completa, são apresentados na secção 5.4 os problemas identificados no processo durante as mudanças de produção.

### 5.1 Mapeamento de *Setup*

Para um mapeamento exímio naquilo que toca à definição de atividades de um *setup*, é fulcral a participação do Chefe de Equipa e dos Técnicos de Produção.

O processo de mapeamento é iniciado a partir da identificação de mudanças a realizar na linha tendo em conta as características do produto da produção que termina e do produto que se pretende iniciar a produção.

Todas as mudanças são identificadas através do diagrama de decisão desenhado e apresentado na Figura 15.

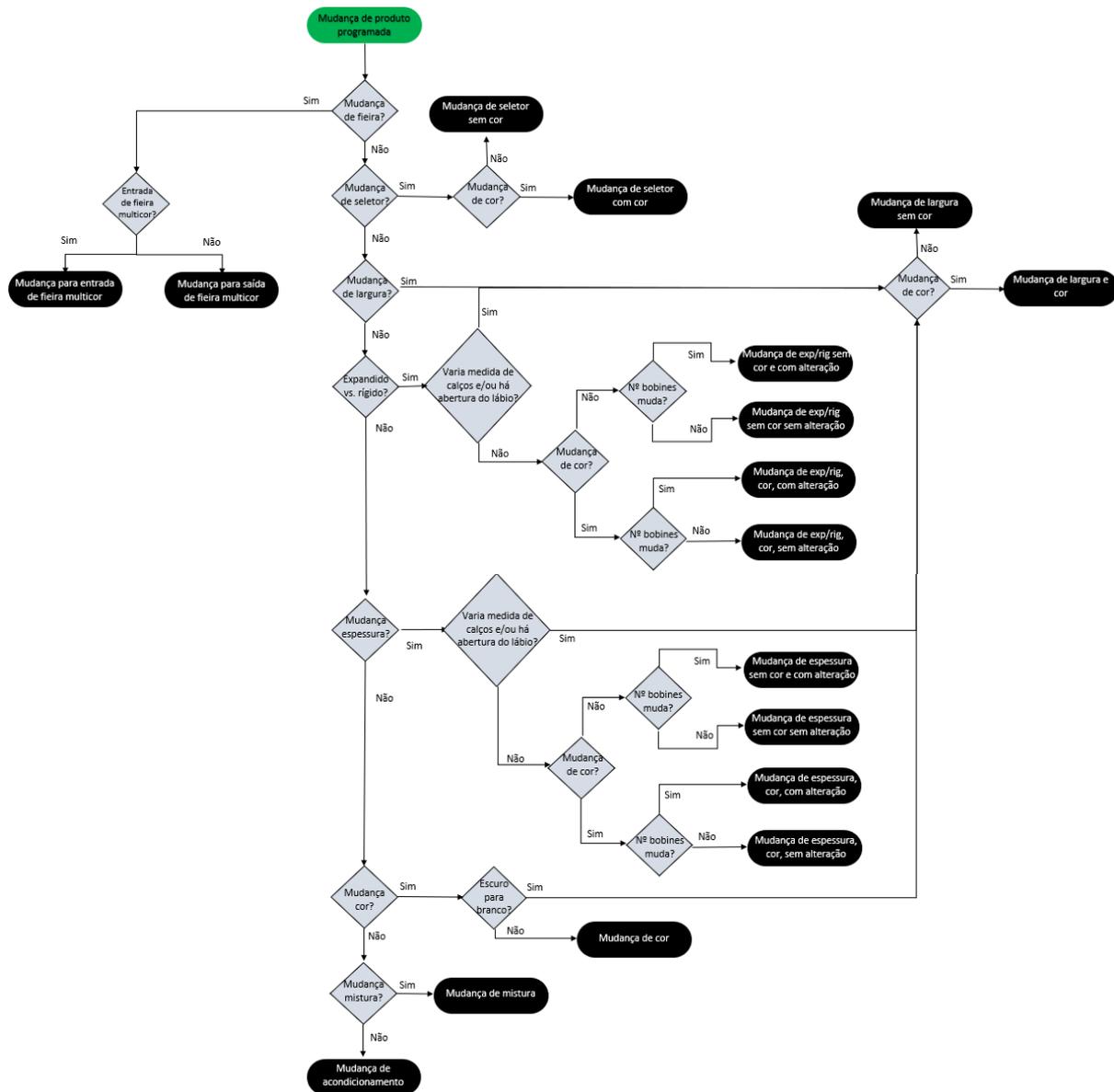


Figura 15 - Diagrama de decisão de todas as mudanças

No diagrama apresentado, os blocos a preto representam todas as mudanças possíveis na linha de produção.

Para cada mudança identificada é realizado o mapeamento de atividades necessárias e segundo cada interveniente no processo de mudança. Os intervenientes numa mudança de produção podem ser: 1º

operador, 2º operador, equipa de manutenção, técnicos de processo, operador de moinhos e técnico de qualidade operacional.

No mapeamento de cada mudança, são identificados grupos de operações comuns entre as diferentes mudanças. Estes grupos de mudança são grupos de atividades comuns que acontecem no mesmo timing de mudança sob a responsabilidade do mesmo interveniente.

Os grupos de operações criados são:

- [G01] Antes da mudança – tarefas de 1º e 2º Operador a realizar de forma antecipada à mudança de produção;
- [G02] Paragem de máquina – tarefas de 1º e 2º Operador desde o momento em que sai o último material bom até parar a máquina;
- [G03] Limpeza do sistema de alimentação – tarefas de 2º Operador relativas à limpeza do sistema de alimentação de pigmento e reciclado;
- [G04] Mudança de Fieira – tarefas da equipa de manutenção para troca de Fieira;
- [G05] Mudança de Seletor – tarefas da equipa de manutenção para troca de Seletor;
- [G06] Preparação de arranque – tarefas de 1º e 2º Operador que acontecem assim que terminam as tarefas de paragem e/ou limpeza e que são necessárias para a alteração da linha;
- [G07] Arranque de máquina – tarefas de 1º e 2º Operador desde que ligam novamente a máquina até à afinação do material;
- [G08] Afinação de máquina – tarefas de 1º e 2º Operador na afinação do material para as características pretendidas;
- [G09] Afinação de faixas – tarefas dos técnicos de processo na afinação das faixas de um produto multicolor;
- [G010] Aproveitamento da máquina – tarefas de todos os intervenientes desde que o controlo de produto valida o material em produção como bom até à primeira saída completa de material.

Cada um destes grupos de operações pode estar presente em apenas uma ou até mais mudanças, ou seja, existem grupos comuns dentro de diferentes trocas de produção.

A seguinte tabela resume todas as possibilidades de *setup* associadas aos grupos mencionados em cima.

Tabela 12 - Grupo de tarefas por mudança

	Fieira	Seletor e cor	Seletor s/cor	Largura e cor	Largura s/cor	Cor	Mistura	Espessura	Acondicionamento
G01	X	X	X	X	X	X	X	X	X
G02	X	X	X	X	X				
G03	X	X		X		X	X		
G04	X	X							
G05			X	X					
G06	X	X	X	X	X				
G07	X	X	X	X	X				
G08	X	X	X	X	X		X	X	X
G09	X	X							
G10	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tendo em conta a divisão nas mudanças estabelecidas e para facilitar a análise do *setup*, elabora-se um diagrama BPMN geral de todos os grupos de mudança.

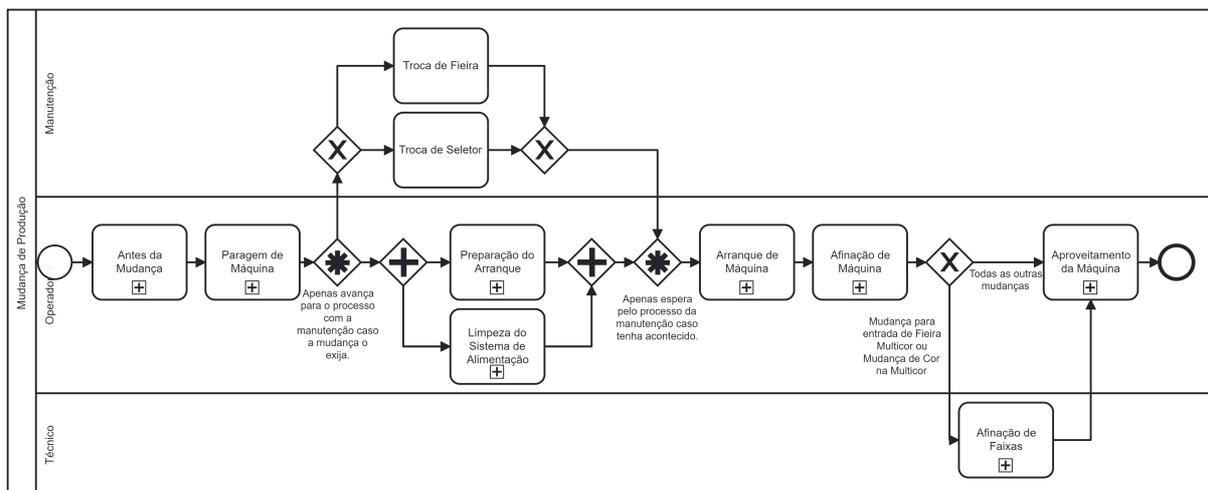


Figura 16 – BPMN geral de uma mudança

Todos os diagramas específicos de cada um dos grupos que foram desenvolvidos neste âmbito encontram-se desde o Apêndice 2 – Diagrama BPMN – Antes da Paragem de Máquina até ao Apêndice 11 – Diagrama BPMN – Aproveitar a Máquina.

Durante o mapeamento de *setup* é notória a existência de alguma dúvida no que toca à definição exata da ordem de operações.

Apesar de existir alguma documentação referente às tarefas dos operadores, acaba por não existir consenso entre o chefe de equipa e técnicos acerca das responsabilidades de cada um dos operadores.

#### 5.1.1 G01 – Antes da paragem

Para cada mudança de produção existem tarefas associadas a ambos os operadores que não afetam o tempo total de mudança, uma vez que se realizam antes da produção em curso terminar. No entanto, se as tarefas presentes neste grupo não se realizarem no tempo indicado, ou seja, antes da mudança, passam a prejudicar a duração total e o encadeamento dos restantes grupos de operação.

As atividades associadas resumem-se a controlo de matérias-primas da produção a terminar e de aprovisionamento à linha de produção dos materiais da produção seguinte.

#### 5.1.2 G02 – Paragem de máquina

O grupo de paragem de máquina tem tarefas atribuídas ao 1º e 2º operador da linha e correspondem às tarefas discriminadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Tarefas do grupo de Paragem de Máquina

1º Operador	2º Operador
Extrudir até limpar a cor	Parar bobinador
Para a máquina	Terminar embalagem
Purgar máquina com cristal	Baixar acumulador
Cobrir calandras	Acumular material
	Levantar lâminas
	Passar material para 1 mandril
	Retirar material
	Descarregar próxima receita

As tarefas referidas em cima acontecem em três locais diferentes da linha. Na zona de extrusão, demarcada a azul, concentram-se as tarefas de 1º Operador. Nas duas zonas a amarelo, na zona de corte e bobinagem, são os locais onde se concentram as atividades de 2º Operador.

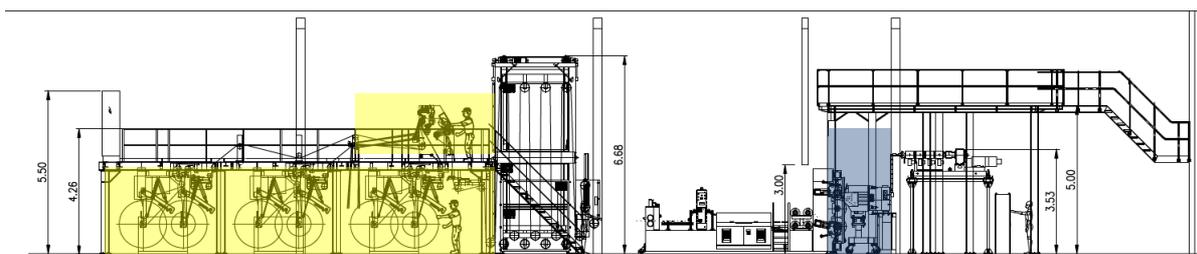


Figura 17 - Localização de tarefas de Paragem de Máquina

O grupo de operações “Paragem de Máquina” apresenta algumas diferenças notórias no tempo total de execução entre as diferentes mudanças onde acontece.

De referir que as tarefas de paragem de máquina acontecem em simultâneo por ambos os operadores.

Como se pode observar na Tabela 21, este grupo não acontece em mudanças de cor, espessura e mistura. Nas restantes mudanças, o tempo deste grupo de operação diverge muito dependendo do tipo de mudança que está a ser realizada.

Como referido, este tempo de grupo de operação por mudança é atribuído pelo tempo do operador que mais tempo necessita para realizar todas as tarefas afetas a ele (Tabela 14).

Tabela 14 - Características que influenciam a paragem de máquina

Operador	Entrada Fieira		Saída Fieira		Seletor e cor		Seletor		Largura e cor		Largura	
	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°
<b>Duração G02</b>	0h51	0h29	1h10	0h40	0h19	0h27	0h23	0h36	0h13	0h25	0h10	0h29

Como se pode observar, o que influencia diretamente na duração do G02 do 1° Operador é a existência ou não de uma Mudança de Fieira.

### 5.1.3 G03 – Limpeza do sistema de alimentação

O grupo de operações dedicado à limpeza do sistema de alimentação é de inteira responsabilidade do 2° Operador e está dividido em três fases distintas: limpeza do piso superior, limpeza do piso inferior e limpeza de balseiros. Esta limpeza apenas acontece em mudanças que exijam trocas de pigmentos, i.e. alteração de cor do produto em produção para o produto a produzir.

Na Figura 18 estão identificadas a cores as diferentes zonas de limpeza.

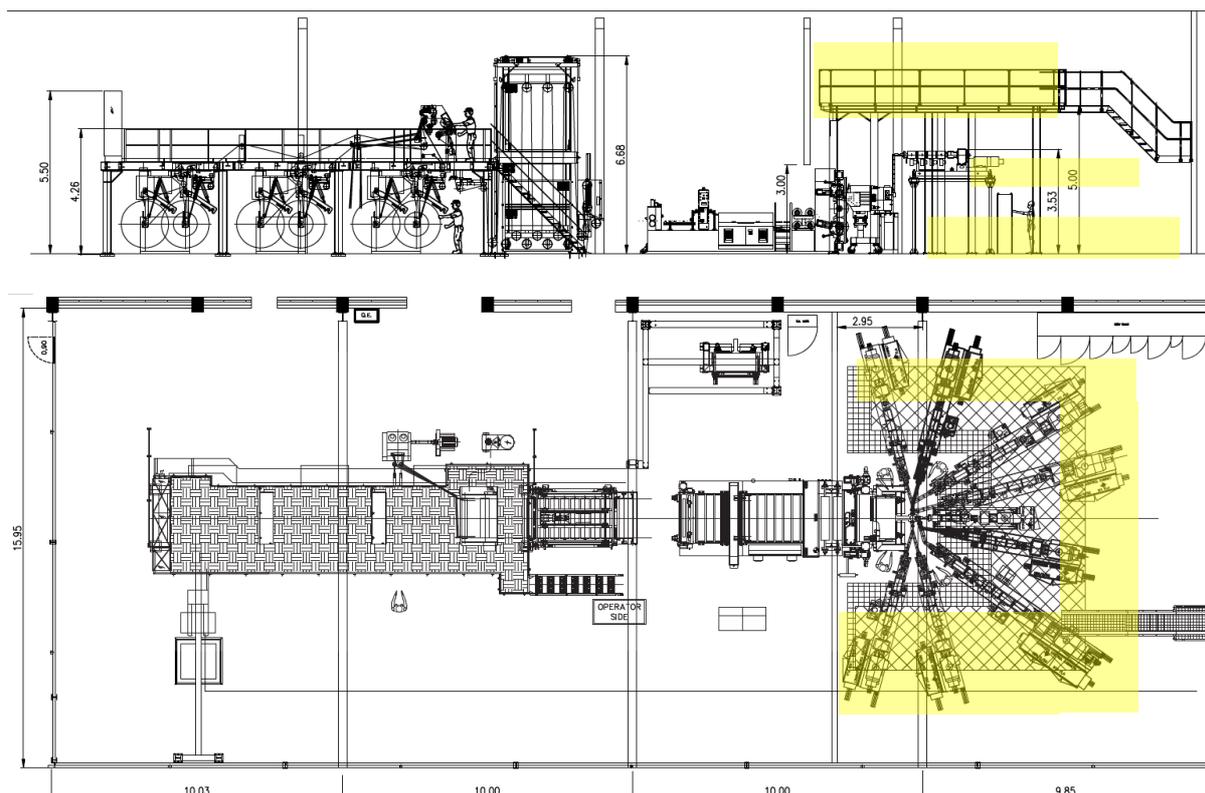


Figura 18 - Localização da limpeza na linha de produção

A limpeza dos balseiros, zona identificada a amarelo, na vista de cima, é a zona responsável por armazenar o pigmento durante uma produção. O piso inferior e o piso superior do sistema de alimentação são as zonas onde são realizadas as tarefas de doseamento, mistura e abastecimento a cada extrusora.

Todos os tempos associados ao GO3 na Tabela 21 foram medidos não tendo em consideração o tempo para cada extrusora. Porém, durante a observação decidiu-se apurar a medição dessa mesma maneira, uma vez que, o número de extrusoras a serem limpas é o fator que determina a duração do grupo.

As tarefas específicas do 2º Operador, por cada zona identificada, encontram-se na tabela seguinte:

Tabela 15 - Tarefas do grupo de Limpeza do 2º Operador

	Limpeza Balseiros	Limpeza Piso Inferior	Limpeza Piso Superior
	Limpeza	Descarregar pigmento	Limpar filtros de pigmento e pós
	Abastecer pigmentos	Limpar doseadores de pigmento	Limpeza de balanças
<b>Tempo Associado</b>	3 min/Extrusora	5,5 min/Extrusora	4 min/Extrusora

A Figura 19 ilustra onde se realizam as tarefas de limpeza de cada uma das zonas identificada.



Figura 19 – a) Balseiro de pigmento; b) Acesso e plataforma do piso inferior; c) Piso Superior – Filtros; d) Piso Superior - Balança

Estas tarefas presentes na Tabela 15 repetem-se o número de vezes equivalente ao número de extrusoras que são necessárias limpar. Ou seja, existindo um maior número de extrusoras a serem limpas, é expectável que a duração total aumente.

#### 5.1.4 G04 – Mudança de Feira

A mudança de feira é realizada por uma equipa dedicada, composta por 4 operadores especializados pertencentes à equipa de Manutenção, e corresponde a um processo com a duração apresentada na Tabela 21. Este grupo acontece sempre que o produto a sair ou a entrar é um produto multicor.

As trocas de Feira concentram-se principalmente nas seguintes zonas:

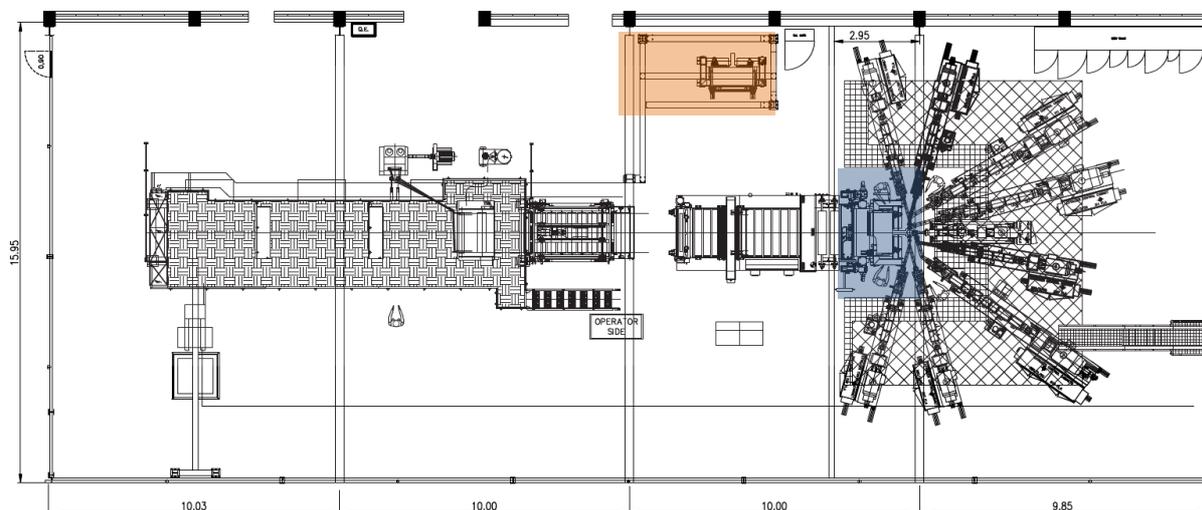


Figura 20 - Localização da Troca de Feira

A feira que sai encontra-se na zona azul e a feira pronta a entrar está localizada na zona laranja, que é uma zona com capacidade de manter a feira à temperatura desejada.

As tarefas de uma troca de feira são as seguintes:

Tabela 16 - Tarefas na Troca de Feira

<b>Entrada Feira Multicor</b>	<b>Saída Feira Multicor</b>
Retirar Feira Bicolor	Preparar equipamento para transporte da feira
Trocar de Seletor	Retirar Feira Multicor
Retirar Feira Multicor da zona de aquecimento	Troca de Seletor
Preparar equipamento para transporte da Feira	Retirar Feira Bicolor de aquecimento
Colocação da Feira Multicor	Colocação da Feira Bicolor

A equipa de Manutenção apenas pode iniciar a troca de feira, após a purga presente no GO2. Ao longo de toda a troca o 1º Operador encontra-se em espera não podendo iniciar o GO6, sendo o próximo grupo onde intervém.

#### 5.1.5 G05 – Mudança de Seletor

A mudança de Seletor também é da responsabilidade da equipa de manutenção, mas com apenas três membros da equipa de Manutenção. Este procedimento acontece sempre que é necessário alterar a distribuição das camadas do laminado.

A intervenção no local por parte da equipa responsável acontece na mesma zona que as tarefas do GO4 apresentadas na secção 5.1.4. A diferença é que neste procedimento ao invés de estar a aquecer a feira, acontece a limpeza do seletor que sai na mesma zona laranja.

As tarefas deste grupo de operação podem-se consultar na Tabela 17.

Tabela 17 - Tarefas de troca de seletor

#### **Mudança de Seletor**

Retirar seletor utilizado
Transporte de Seletor
Limpeza de seletor
Troca de anéis
Limpeza <i>feedback</i>
Colocação do novo seletor

À semelhança do G04, as tarefas deste grupo acontecem durante os procedimentos de limpeza do 2º Operador (G03) e impedem o 1º Operador de realizar as suas tarefas.

#### 5.1.6 G06 – Preparação de Arranque

Este grupo de tarefas, representado na Tabela 18, apenas acontece quando existe paragem de máquina e é da responsabilidade do 1º Operador. O 2º operador apoia em tarefas auxiliares quando termina o G03.

Tabela 18 - Tarefas do grupo de Preparação de Arranque

1º Operador	2º Operador
Introduzir Ficha Técnica, Ordem Produção e Silos	Trocar filtros
Mudar receita	Auxiliar na limpeza da feira
Afinar lábio	
Apertar parafusos dos calços	
Verificar espessura de saída	
Tirar cobertores das calandras	
Purga para arranque	
Limpar lábio	
Puxar a calandra mais perto da feira	

A partir da Tabela 18 consegue-se perceber de forma geral a sequência normal de cada um dos operadores. Porém, em algumas situações, existem precedências a respeitar, nomeadamente, em situações de mudanças com grupos G04 e G05. Nestes casos, o 1º Operador apenas pode realizar as duas primeiras tarefas enquanto os grupos referidos ainda não estão terminados. Por outro lado, o 2º Operador não tem possibilidade de realizar nenhuma tarefa enquanto a feira não se encontra disponível. Relativamente às tarefas necessárias a este grupo, na Figura 21, estão representadas onde são realizadas na linha.

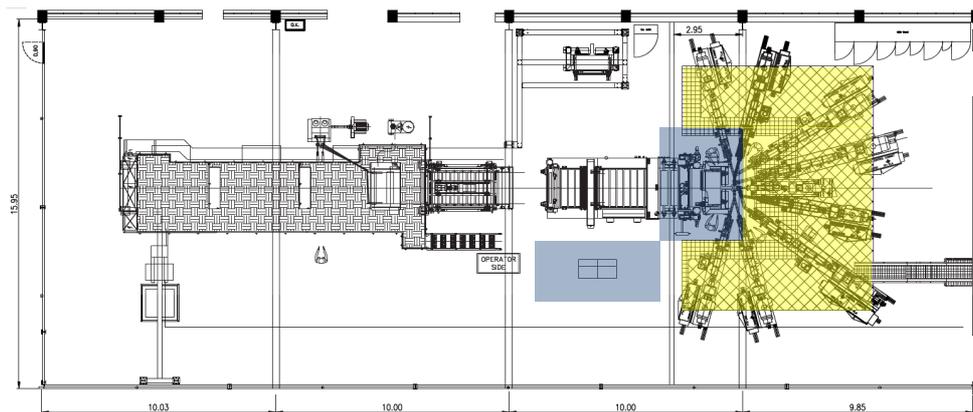


Figura 21 - Localização das tarefas do Grupo de Preparação de Arranque

A troca de filtros por parte do 2º Operador está identificada a amarelo e acontece no número de extrusoras que for necessário para o momento, ou seja, poderá ir de 0 até 9 filtros trocados. Em relação ao 1º Operador este concentra-se inicialmente mais à esquerda a introduzir a OP e a FT e, posteriormente, quando for possível, avança para a zona mais central a azul para preparar a Fieira.

Assim que termina o GO6, é o 1º Operador que determina o tempo restante da mudança, já que as suas tarefas têm maior duração.

#### 5.1.7 G07 – Arranque de Máquina

Após proceder a toda a preparação, efetua-se o arranque efetivo da máquina.

Este grupo precisa que o 1º e 2º operador da linha realizem tarefas em simultâneo, sendo imperativo que todos os grupos precedentes tenham terminado. As tarefas afetas a este grupo de operação são:

Tabela 19 - Tarefas do grupo de arranque de máquina

1º Operador	2º Operador
Limpar lábio	Ajudar no processo de limpeza do lábio
Arrancar	Ligar bobinador
Fazer emenda	Colocar acumulador em automático
	Manter linha esticada e seguir emenda

Este conjunto de operações em paralelo tem duração média de 7 minutos.

### 5.1.8 G08 – Afinação do laminado

Para o produto final se encontrar de acordo com as especificações pedidas pelo cliente, é necessário existir um conjunto de operações que permitam atingir o resultado esperado. As operações deste grupo podem-se observar na Tabela 20.

Tabela 20 - Tarefas do grupo de afinação do laminado

1º Operador	2º Operador
Afinar Calandras	Fechar o puxo
Colocar extrusoras à velocidade	Limpar e fechar desgaseificadores
Fazer afinação do laminado	Pôr as lâminas das tiras a cortar
Ligar pigmentos	Dividir material
	Colocar bobinadores em automático

As operações de 2º Operador são mais dispersas geograficamente, tal como se pode verificar nas zonas a amarelo da Figura 22. A azul encontra-se o local mais constante do 1º Operador.

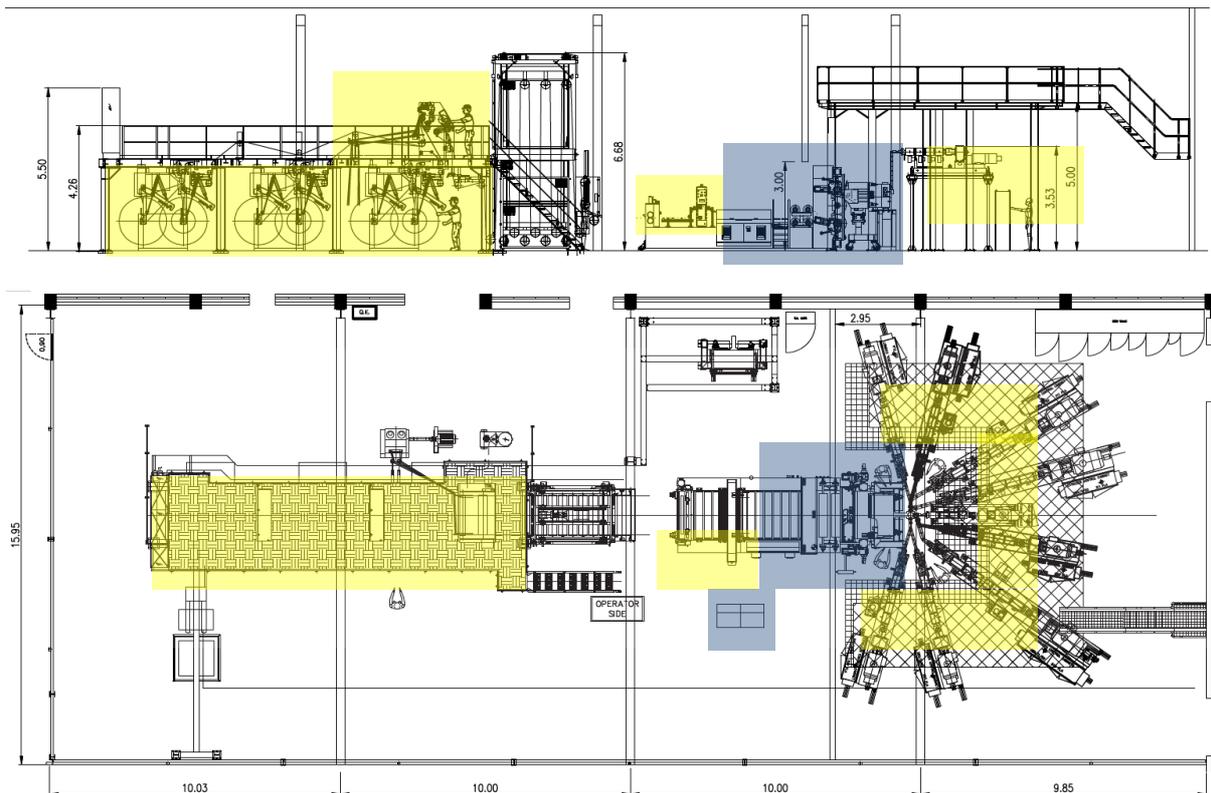


Figura 22 - Localização das tarefas de afinação de laminado

Em relação à duração deste grupo, a partir da Tabela 21, percebe-se que existem diferenças. Em média, a afinação após uma mudança sem paragem demora 15 minutos mais. Isto deve-se à não existência do grupo de Preparação de Arranque cujo objetivo é preparar a feira para uma melhor afinação.

De forma a atingir o resultado esperado, está presente um técnico de controlo de produção que dá auxílio aos operadores. Esta ajuda engloba desde testes ao laminado como também indicações daquilo que o material precisa para atingir todas as especificações necessárias.

O tempo deste técnico de controlo de produção não foi medido porque as suas atividades não influenciam a duração total de uma mudança, já que os restantes operadores dão continuidade às suas tarefas.

#### 5.1.9 GO9 – Afinação de faixas

O GO9 acontece exclusivamente quando entra a fieira multicolor. Acontece assim que o GO8 termina, ou seja, após a afinação da largura total e da espessura do laminado. Para além disso, para a afinação das faixas é também necessário que o material já contenha a cor do pigmento.

Este processo de afinação exige a presença de um dos Técnicos de Produção, uma vez que, é caracterizado como um dos mais minuciosos e dispendiosos de tempo.

#### 5.1.10 GO10 – Aproveitamento de material

Após toda a afinação por parte dos operadores e acompanhamento por parte do Técnico de Produção e Controlo de produto, pode-se dar início ao processo de aproveitamento do material.

O tempo associado a este grupo é desde o momento que este é aprovado pelo controlo de produto até sair a primeira bobine, dependendo da velocidade de processamento. Assim, como a duração não depende do técnico nem dos operadores, não se concentrarão quaisquer melhorias neste âmbito.

### 5.2 Recolha de tempos de execução de *Setup*

A observação de mudanças tem como objetivo principal a recolha de tempos de execução de cada grupo de operações de mudança de produção. Serve também para verificar se a ordem de tarefas identificada inicialmente no mapeamento é cumprida por todas as equipas e para fazer o levantamento de constrangimentos e dificuldades a estudar.

Como é possível observar pela Tabela 12, existem várias mudanças que contêm grupos em comum. Desta forma, efetua-se o estudo e o acompanhamento das mudanças medindo os tempos pelos diferentes grupos. Assim, permite que seja colmatada alguma falta de acompanhamento de uma mudança específica, com a atribuição de um tempo associado recolhido noutra mudança diferente.

De realçar que na observação destas mudanças de produção, sempre que se justifique o aumento do detalhe, são recolhidos tempos específicos dentro de cada grupo de operações.

Assim, para o acompanhamento de mudanças de produção, e tendo em conta as atividades já identificadas no mapeamento de *setups*, é criado um *template* que se encontra no Apêndice 1 – *Template* de Acompanhamento de mudanças de Produção.

Este documento serve de base de anotação de tempos de execução de cada tarefa e de apontamentos/comentários durante a observação das mudanças. O *template* é atualizado para cada mudança em função das operações descritas e os seus responsáveis em cada grupo de operação.

Como o modo de laboração da produção é de 24 horas/7 dias, não é possível observar todos os *setups*, porém, ao longo de 3 meses foi possível o acompanhamento de um total 72 *setups*. Destes 72, os principais tipos observados foram os de Mudança de Feira (Entrada Multicor), Largura e Cor, Seletor e Cor, representando 25%, 18% e 15% respetivamente. Este valor de observações garante que o número de acompanhamentos é equilibrado dentro das 4 equipas existentes e que se observa maioritariamente as mudanças que cobrem maior número de grupos de operação.

De seguida, na Tabela 21, apresentam-se os tempos médios recolhidos para cada um dos grupos em cada mudança de produção. De referir que o GO1 e o GO10 não são apresentados na tabela, já que estes não traduzem tempo gasto em ineficiências dentro de um *setup*.

Tabela 21 - Tempo médio observado por cada tipo de mudança

Mudança	Operador	G02	G03	G04	G05	G06	G07	G08	G09	Σ
Mudança de Feira (Entrada Multicor)	1° Operador	<u>0h52</u>	-	-	-	<u>0h52</u>	<u>0h06</u>	<u>0h44</u>	<u>1h37</u>	5h47
	2° Operador	0h29	1h04	-	-	0h22	0h06	0h14	-	
	Manutenção	-	-	<u>1h36</u>	-	-	-	-	-	
Mudança de Feira (Saída Multicor)	1° Operador	<u>1h10</u>	-	-	-	<u>0h55</u>	<u>0h06</u>	<u>1h02</u>	-	5h08
	2° Operador	0h40	1h12	-	-	0h22	0h06	0h14	-	
	Manutenção	-	-	<u>1h55</u>	-	-	-	-	-	
Mudança de Seletor	1° Operador	<u>0h23</u>	-	-	-	<u>0h41</u>	<u>0h06</u>	<u>0h45</u>	-	2h36
	2° Operador	0h36	0h20	-	-	0h40	0h13	0h31	-	
	Manutenção	-	-	-	<u>0h41</u>	-	-	-	-	
Mudança de Seletor e cor	1° Operador	<u>0h27</u>	-	-	-	<u>1h00</u>	<u>0h06</u>	<u>0h45</u>	-	2h59
	2° Operador	0h27	1h03	-	-	0h33	0h13	0h31	-	
	Manutenção	-	-	-	<u>0h41</u>	-	-	-	-	
Mudança de Largura	1° Operador	0h10	-	-	-	<u>1h08</u>	<u>0h06</u>	<u>0h51</u>	-	3h03
	2° Operador	<u>0h29</u>	<u>0h29</u>	-	-	0h24	0h06	0h14	-	
Mudança de Largura e cor	1° Operador	0h13	-	-	-	<u>1h14</u>	<u>0h06</u>	<u>0h51</u>	-	3h18
	2° Operador	<u>0h25</u>	<u>0h42</u>	-	-	0h23	0h06	0h14	-	
Mudança de cor	-	-	<u>1h02</u>	-	-	-	-	-	-	1h02
Mudança de Espessura	-	-	-	-	-	-	-	<u>0h57</u>	-	0h57
Mudança de Mistura	-	-	-	-	-	-	-	<u>1h10</u>	-	1h10
Mudança de Acondicionamento	-	-	-	-	-	-	-	-	0h20	0h20

Uma análise preliminar à tabela acima permite destacar a ‘Mudança de Feira’, ‘Mudança de Seletor’ e a ‘Mudança de Largura’ como as mudanças com maior duração. Esta evidência explica-se pela complexidade a nível de operações, mas também ao elevado número de grupos de operações existentes neste tipo de mudanças.

Como mencionado na secção 3.5, na linha de produção EX14 existem vários intervenientes na linha, e na Tabela 21 para estas mudanças apresentam-se os respetivos intervenientes e os tempos associados a cada GO.

O tempo total de uma mudança é obtido pelo somatório de cada grupo de operações necessário à mudança. Para cada mudança o tempo considerado para cada grupo de operação está sublinhado e identificado a negrito.

O tempo de cada grupo de operação é obtido através da principal premissa de que estejam as tarefas todas finalizadas antes de se iniciar o grupo seguinte.

Desta forma, verifica-se qual o operador que demora mais tempo, sendo que o tempo da Equipa de Manutenção associa-se ao tempo do 1º Operador, uma vez que as suas tarefas não se podem realizar em paralelo.

O tempo associado ao GO3 em Mudanças de Fieira e Seletor não é contabilizado cálculo de tempo, uma vez que, este se efetua em paralelo com o GO4 ou GO5.

De seguida são apresentadas as considerações e apontamentos relevantes sobre cada grupo de operação.

### **5.3 Classificação em desperdício MUDA**

No acompanhamento geral das mudanças de produção são realçados alguns problemas. Neste sentido, analisa-se os MUDA que se dividem em sete diferentes tipos de desperdício, como se pode observar na Tabela 22.

Tabela 22 - Classificação dos desperdícios (MUDA)

Desperdício	Grupo de Operações	Mudança Afetada	Descrição
1 ( <u>sobreprodução</u> )	G01	Todas	Todo o material produzido em excesso de uma produção pode não vir a ser vendido, havendo a necessidade de moer esse material.
2 ( <u>esperas</u> )	G03	Todas	Falta de matéria-prima e pigmento
	G04, G05	Todas	Esperas do 1º Operador pela Equipa de Manutenção
	G010	Todas	Atrasos na aprovação do material
3 ( <u>transporte</u> )	G03	Todas	Matéria-prima, pigmentos e ferramentas não se encontram no PT e exigem transporte
	G06	Todas	Ferramentas
4 ( <u>stock</u> )	G01	Todas	Todo o material excedente de uma produção é deixado em armazém e materiais de embalagem
	G03	Todas	Pigmento excedente de produção
5 ( <u>movimentos</u> )	Todos	Todas	Deslocações desnecessárias dentro de uma mudança
6 ( <u>defeitos</u> )	G03 e G08	Todas	Má limpeza de pigmento e má afinação provoca defeito de material
7 ( <u>sobre processamento</u> )	G01, G02 e G04	Todas	Operações que deveriam ser efetuadas fora de uma mudança

Para os desperdícios associados à linha, nem todos se focam em mudanças de produção associados aos operadores presentes na linha. Como por exemplo, a sobreprodução e *stock* estão associados à produção de excedentes que podem ser moídos ou armazenados e apesar de não interferir negativamente numa mudança, influencia negativamente outras métricas analisadas na secção 4.1.

#### 5.4 Identificação de Problemas

Nesta secção são apresentados na Tabela 23 os problemas de uma forma geral, sendo que, estes vão ser descritos e especificados posteriormente. No Apêndice 12 – Diagrama Ishikawa – Ineficiências EX14, encontra-se um diagrama de *Ishikawa* que permite estudar e analisar possíveis causas de um determinado problema associado à linha.

Tabela 23 - Identificação geral de problemas

	Problema	Grupo de Operações	Mudança Afetada	Causa
PR1	Tarefas não padronizadas entre equipas	Todos	Todas	Cada equipa tem o seu modo de funcionamento
PR2	Deslocações	G02, G03 e G06	Mudança com Paragem de Máquina	Não cumprimento de tarefas no G01 que se encontram distantes de tarefas futuras
PR3	Falta de formação	Todos	Todas	Alta rotatividade e sistema de <i>Onboarding</i> dos operadores pouco eficaz
PR4	Falta de ferramentas e matéria-prima	G03 e G06	Todas	Operações no G01 não foram cumpridas e matéria-prima não foi recolhida antecipadamente
PR5	Pausas na mudança	Todos	Todas	Trocas de turno e pausas para descanso/alimentação
PR6	Intervenção de manutenção corretiva na fieira multicolor durante a mudança	G06 e G07	Mudança de Fieira	Parafusos moídos da fieira multicolor
PR7	Atraso na preparação de arranque e afinação	G07 e G08	Mudanças com Paragem de Máquina	Não dão prioridade a estes grupos e auxiliam outros operadores primeiro

Como é possível observar, os problemas mencionados abrangem todos os grupos e todos os tipos de mudança da linha de produção EX14, tornando-se importante dar a continuidade ao estudo dos mesmos.

#### 5.4.1 PR1 - Tarefas não padronizadas entre equipas

Como mencionado na secção 5.1, entre o chefe de equipa e o técnico de produção já existe alguma dificuldade e indecisão na ordem dos procedimentos associados a uma mudança. Esta situação influencia diretamente o comportamento dos operadores, estabelecendo cada um, a sua ordem de operações tendo em conta a experiência na linha de produção.

As diferenças mais representativas encontram-se no controlo de pigmento utilizado no final de produção, nos procedimentos de limpeza e quando esta é realmente efetuada.

Relativamente ao controlo de pigmento, os operadores conseguem ter acesso ao consumo que este está a ter em cada uma das extrusoras, ou seja, no final de cada produção podem apenas utilizar o pigmento necessário. No caso de não existir este controlo, provoca-se sobrecarga quer na limpeza de cor de cada uma das extrusoras, aumentando o tempo de paragem de máquina, quer na limpeza de cada um dos balseiros de pigmento.

No que toca aos procedimentos de limpeza e ao momento em que esta é realizada existem duas versões entre operadores.

Tabela 24 - Diferenças no procedimento de limpeza

	Versão 1	Versão 2
<b>1º Operador</b>	Não controla entrada de pigmentos na extrusora durante o GO1	Controla entrada de pigmentos na extrusora durante o GO1
<b>2º Operador</b>	Elabora a limpeza total do Sistema de Alimentação durante o GO3	Elabora apenas a limpeza do piso inferior do sistema de alimentação no GO3 e a restante limpeza durante o GO1
<b>Diferença de tempo</b>	-	- 4 minutos/Extrusora

Nestes procedimentos da Tabela 24, é possível verificar uma diferença de 4 minutos por cada extrusora, ou seja, no caso de uma mudança de produção que exija a limpeza de 5 extrusoras, um operador que proceda como a versão 2, poupará em média 20 minutos de máquina parada no GO3, em comparação a um operador que efetue o procedimento da versão 1.

Para além da situação mencionada, existem outras duas operações que não estão devidamente atribuídas a um dos operadores em específico. Estas são as de limpeza dos balseiros e dos desgaseificadores.

A limpeza dos balseiros, é possível ser feita antes da máquina parar, durante uma mudança ou até depois, caso esse balseiro não seja necessário para a produção seguinte. Cada um dos operadores está capacitado para efetuar a limpeza dos mesmos, sendo que, o 1º Operador ao efetuar a limpeza, está a abdicar do seu tempo nos Grupos Operacionais 6 e 7. Esta tarefa tem uma duração aproximada de 3 minutos por balseiro.

Na limpeza dos desgaseificadores, a tarefa não está igualmente padronizada entre as equipas podendo ser o 1º ou o 2º Operador a ficar responsável. A operação caso fique associada ao primeiro operador, prejudica em média 5 minutos no seu G08.

De um ponto de vista de padronização de tarefas, estas situações, a partir da comparação entre equipas, permitem encontrar várias oportunidades de melhoria.

#### 5.4.2 PR2 - Deslocações

Como mencionado na Tabela 23, este problema é normalmente originado a partir do não cumprimento de tarefas inicialmente estabelecidas para o G01. Esta falha cria a necessidade de elaborar essas tarefas ao longo da mudança de produção, resultando em mais deslocações.

Este problema acontece quando o G03 necessita de estar finalizado. Neste momento, o 2º Operador poderá ainda não ter terminado o G02, uma vez que, se encontra sobrecarregado com tarefas pendentes do G01. Posto isso, o 2º Operador desloca-se de maneira a efetuar as tarefas do G03, sabendo que posteriormente terá de voltar ao G02 para dar como terminado esse grupo.

#### 5.4.3 PR3 - Falta de formação

As duas secções anteriores abordam problemas relacionados com os métodos aprendidos. Isto significa que tudo aquilo que um operador faz, proveniente dos métodos passados pela sua equipa, na sua aprendizagem, podem influenciar positiva ou negativamente o decorrer de uma mudança.

No caso de um operador com pouca experiência e com falta de formação inicial, provocará perdas de tempo e erros associados, desnecessariamente. Existindo operadores formados, com as mudanças mapeadas, a partir dos métodos corretos a utilizar, a padronização passa a existir em pleno, e cada um dos operadores saberá qual é a sua responsabilidade dentro de todas as mudanças de produção.

Porém, estes acontecimentos de falta de formação existem e estão diretamente associados à alta rotatividade e à alta necessidade de operadores atualmente. Um operador que entre na linha de produção

não tem todas as indicações certas e da melhor maneira possível, provocando uma experiência inicial atribulada associada à sobrecarga de outros operadores que o tentem auxiliar.

#### 5.4.4 PR4 - Falta de matéria-prima

O problema de falta de matéria-prima na EX14 está relacionada com a falta quer de pigmento quer de alguns materiais necessários ao longo de uma mudança de produção, ou seja, as tarefas no GO1 não são devidamente cumpridas pelos operadores.

No caso do pigmento, o problema é originado quando é efetuado o pedido do mesmo à equipa de Logística. Este ao não ser efetuado antecipadamente provoca atrasos na sua chegada.

Como existem algumas precedências ao longo dos grupos operacionais, um atraso no recebimento do pigmento atrasa a colocação dos mesmos nos balseiros e também do respetivo arranque de máquina, caso se verifique. No caso de ser uma mudança em andamento, o desperdício associado ao débito de material aumenta proporcionalmente quanto mais tempo estiverem à espera.

A escassez de ferramentas necessárias ao longo da mudança provoca recolha de material que está em falta, aumentando diretamente o transporte.

#### 5.4.5 PR5 - Pausas na mudança

As pausas na mudança acontecem sempre que existem trocas de turno e pausas para lanche. A pausa para lanche é um dos direitos que os operadores têm com a duração máxima de 30 minutos por turno.

Para além desse tempo despendido, nas mudanças de turno das 6h, 14h ou 22h, perde-se em média 15 minutos para a transmissão de toda a informação associada à linha.

Tendo em conta o momento em que uma mudança de produção acontece, pode coincidir ou não com uma das pausas referidas, influenciando de forma negativa a duração da mesma.

#### 5.4.6 PR6 - Intervenção de manutenção corretiva na feira multicolor durante a mudança

Os parafusos que proporcionam a afinação da feira multicolor em algumas situações estão moídos no início da afinação, provocando uma intervenção da equipa de manutenção. Esta manutenção corretiva na linha impossibilita que o GO6 continue prejudicando, em média, 15 minutos.

#### 5.4.7 PR7 - Atrasos na preparação de arranque e afinação

Este tipo de problema acontece quando o 1º Operador não está apenas focado nas suas tarefas. Ao invés disso, está a prestar atenção e auxílio ao 2º Operador.

Este tipo de práticas é prejudicial quando as tarefas do 1º Operador são as que ditam a duração daquele grupo operacional.

## 6. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

Associadas aos problemas abordados no capítulo anterior, no presente capítulo abordam-se as propostas de melhorias, apresentadas na secção 6.1, a serem implementadas na linha EX14. De seguida, é apresentado o trabalho elaborado em torno da metodologia SMED e de todas as propostas de melhoria associadas aos problemas. Por fim, na secção 6.2 apresentam-se as propostas que não foram aceites e na 6.3 apresenta-se o método escolhido para as implementações.

### 6.1 Propostas de Melhoria

As propostas de melhoria (PM) estão divididas em três vertentes, de equipamento, processo e comportamento. Na seguinte tabela encontra-se um resumo das mesmas:

Tabela 25 - Resumo de propostas de melhoria

Vertente	PM	Descrição	GO	Metodologia/ Problema
Equipamento	PM1	Atuadores para despejar balanças de pigmento	3	SMED
	PM2	Válvulas nas tremonhas	-	SMED
	PM3	Corrente automática para seletor	5	SMED
	PM4	Guia de seletor	5	SMED
	PM5	Anel de seletor	5	SMED
	PM6	Balseiros de pigmento encostado à parede	3	SMED
	PM7	Filtros para limpeza do piso de cima	3	SMED
Processo	PM8	Definição das tarefas antes da paragem de máquina	2	PR 1 e 4
	PM9	Limpeza do piso superior antes da máquina parar	3	SMED
	PM10	Limpeza dos balseiros antes da máquina parar	3	SMED
	PM11	Preparação da feira multicor antes da máquina parar	4	SMED
	PM12	Distribuição de tarefas na entrada e saída do seletor	5	SMED
	PM13	Afinar a feira enquanto aquece	6	PR6 e SMED
	PM14	1º Operador exclusivamente focado no GO 6,7 e 8	6/7/8	PR 1 e 7
	PM15	Definição do responsável pelas calandras e pela limpeza de desgaseificadores	6	PR 1 e 7
	PM16	Preparação antecipada de materiais de embalagem	Todos	PR2 e SMED
Comportamento	PM17	Material necessário no posto antes da máquina parar	Todos	PR2 e SMED
	PM18	Rotina de limpeza de detetor de metais	Todos	PR1
	PM19	Pausas de operadores e equipa da feira	Todos	PR5
	PM20	Trocas de turno	Todos	PR5

Cada proposta poderá estar associada a vários problemas encontrados, mas também se podem associar à metodologia SMED. Nas secções seguintes é apresentado o trabalho desenvolvido para a obtenção de cada uma das propostas, bem como a explicação de cada uma.

Como se pode observar, as propostas de melhoria apresentadas inserem-se em todos ou em alguns grupos operacionais de uma mudança de produção. As mesmas visam melhorias nos procedimentos e disponibilidade, ou seja, não abrangem alterações de velocidades da máquina

#### 6.1.1 PM1 – Atuadores para despejar pigmento

A presente proposta passa pelo desenvolvimento de um mecanismo automático que descarregue o pigmento no piso inferior, eliminando a tarefa de descarga de pigmento no GO3. Assim, o 2º Operador apenas se responsabiliza de recolher esse pigmento já descarregado não tendo de efetuar o processo de descarga manualmente.

Com este novo mecanismo, apesar da descarga do pigmento ser efetuada automaticamente, a tarefa de limpar os doseadores de pigmento necessita de ser efetuada de forma manual.

#### 6.1.2 PM2 – Válvulas nas tremonhas

Esta proposta de melhoria de equipamento permite efetuar a abertura ou no fecho da tremonha automaticamente. Os operadores referem a importância da mesma, uma vez que, evita movimentos e/ou posições desconfortáveis para os operadores.

Esta proposta não se associa diretamente a uma alteração num GO específico estando associada a uma tarefa presente em processos de paragem de máquina prolongados.

Na linha existem 9 tremonhas, ou seja, uma em cada extrusora e, atualmente, esta válvula já existe em duas delas por serem as mais utilizadas.

#### 6.1.3 PM3 – Corrente automática para seletor

Na linha de extrusão EX14, existe uma corrente manual que permite a movimentação vertical e horizontal do seletor. Com este mecanismo disponibilizado, o operador da equipa de manutenção fica responsável por uma tarefa demorada e também complicada, associada à dificuldade inerente do processo.

Desta forma, a PM3, passa por utilizar uma corrente automática, auxiliando o operador, ao longo do GO5, a movimentar o seletor de forma mais rápida e facilitada.

#### 6.1.4 PM4 – Guia de seletor

A presente proposta está relacionada com o mesmo grupo de operação que a da proposta anterior, o GO5. No entanto, esta tem como objetivo criar um guia para uma movimentação do seletor mais controlada, uma vez que, o seletor passa por zonas onde poderá existir contacto físico com umas das extrusoras. Tendo em conta a proposta de valor da PM4, possibilitaria o operador a efetuar a movimentação de seletor de uma forma mais segura também.

#### 6.1.5 PM5 – Anel de seletor

A PM5, tem como proposta de valor a diminuição do tempo na mudança de seletor (GO5). A sugestão de melhoria PM5 passa por existir um par de anéis prontos para integrar no novo seletor ao longo da tarefa de limpeza do seletor.

Atualmente, o procedimento passa pela limpeza dos anéis presentes no seletor que sai e posteriormente a sua reintegração no novo seletor.

#### 6.1.6 PM6 – Balseiros de pigmento encostados à parede

A proposta de uma reorganização dos balseiros (PM6), tem como objetivo diminuir substancialmente a distância percorrida e o tempo gasto na limpeza e abastecimento dos próprios balseiros.

Para melhor interpretação, na Figura 23, estão representadas a vermelho as localizações atuais dos balseiros.

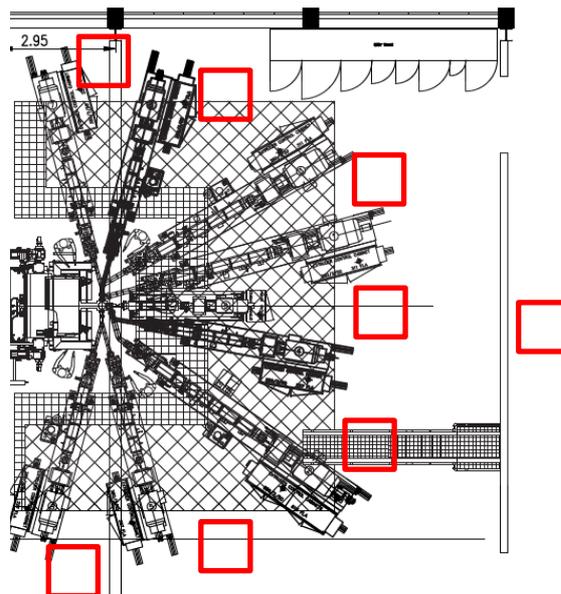


Figura 23 - Estado atual de localização de balseiros

Neste caso a PM6, tem como objetivo a reorganização das localizações dos balseiros de pigmentos, tal como está representado na Figura 24.

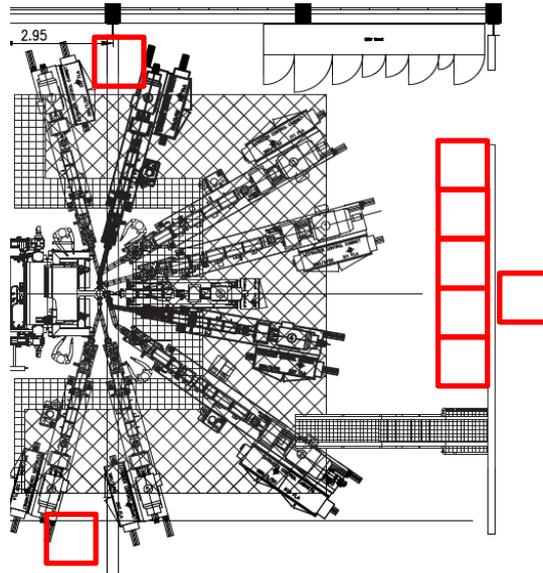


Figura 24 - Proposta de localização de balseiros

Como se pode observar, os balseiros de pigmento não estão todos alinhados no mesmo local devido ao espaço disponível não permitir alinhar mais nenhum balseiro. As duas localizações escolhidas para os balseiros do lado esquerdo têm em conta dois fatores. Um deles é a sua pouca utilização, uma vez que um deles é utilizado apenas em produções multicolor e o outro é a sua proximidade aos operadores.

#### 6.1.7 PM7 – Filtros para limpeza do piso de cima

Na limpeza efetuada ao piso superior no GO3, um dos procedimentos é a limpeza dos filtros. O 2º Operador tem de efetuar este procedimento dependendo do número de extrusoras a serem limpas. Deste modo, a PM7 baseia-se na obtenção de 3 filtros de pigmentos extra, de maneira trocá-los no momento ao invés de os limpar durante a mudança de produção.

A escolha do número de filtros propostos tem como base o número médio de filtros de pigmentos que necessitam de ser limpos a cada mudança.

#### 6.1.8 PM8 – Definição das tarefas antes da paragem de máquina

A PM8, entra de forma a garantir que todas as tarefas antecipadas são cumpridas, uma vez que, o não cumprimento das mesmas antes da mudança provoca problemas relacionados com o PR4.

Neste sentido, as tarefas de recolha de MP, ferramentas e preparações de embalagem têm de ser realizadas de forma imperativa no GO1.

### 6.1.9 PM9 – Limpeza do piso superior antes da paragem de máquina

Relativamente às tarefas de 2º Operador, no GO3, propõe-se que a limpeza do piso superior passe na íntegra para operação externa.

Este novo procedimento exige um controlo mais atento no consumo de pigmento por parte do 1º Operador. Por outro lado, o 2º Operador, ficará responsável por realizar esta tarefa no GO1.

Assim, as suas tarefas, com apenas esta proposta, passariam a ser as seguintes:

Tabela 26 - Tarefas do GO3 do 2º Operador com a implementação da PM9

	Limpeza Balseiros	Limpeza Piso Inferior	Limpeza Piso Superior
	Limpeza	Descarregar pigmento	<del>Limpar filtros de pigmento e pós</del>
	Abastecer pigmentos	Limpar doseadores de pigmento	<del>Limpeza de balanças</del>
<b>Tempo Associado</b>	3 min/Extrusora	5,5 min/Extrusora	<del>4 min/Extrusora</del>

Como se pode verificar, a diminuição de tempo na limpeza efetuada pelo 2º Operador é considerável.

### 6.1.10 PM10 – Limpeza dos balseiros antes da máquina parar

À semelhança da proposta de melhoria anterior esta visa a eliminação de tarefas do GO3, porém, agora o objetivo passa por transitar as tarefas de limpeza e abastecimento de balseiros para o GO1 do 2º Operador.

Sendo assim, a distribuição de tarefas do GO3 do 2º Operador, com a implementação de apenas esta proposta, passam a ser as seguintes:

Tabela 27 - Tarefas do GO3 do 2º Operador com a implementação da PM10

	Limpeza Balseiros	Limpeza Piso Inferior	Limpeza Piso Superior
	<del>Limpeza</del>	Descarregar pigmento	Limpar filtros de pigmento e pós
	Abastecer pigmentos	Limpar doseadores de pigmento	Limpeza de balanças
<b>Tempo Associado</b>	3 min/Extrusora	5,5 min/Extrusora	4 min/Extrusora

Tendo em conta a existência da PM1, PM9 e PM10, estas podem agir em conjunto e diminuir o máximo possível dentro das propostas apresentadas. Nesse panorama apenas resta a tarefa de limpeza dos doseadores de pigmentos presentes no piso inferior.

#### 6.1.11 PM11 – Preparação da fieira multicolor antes da máquina parar

A movimentação da fieira multicolor desde cedo se apresentou uma tarefa com elevada dificuldade. Tendo isso em consideração a equipa de manutenção utiliza um grupo de almofadas que elevem e transportem a fieira até ao local pretendido.

Atualmente, a preparação deste material é realizada quando é necessário, como se pode verificar na Tabela 28.

Tabela 28 - Processo proposto G04

Processo atual	Processo proposto
Retirar Fieira Bicolor	Preparar equipamento para transporte da fieira
Trocar de Seletor	Retirar Fieira Bicolor
Retirar Fieira Multicolor da zona de aquecimento	Troca de Seletor
Preparar equipamento para transporte da Fieira	Retirar Fieira Multicolor da zona de aquecimento
Colocação da Fieira Multicolor	Colocação da Fieira Multicolor

A PM11, tem como objetivo de passar esta preparação para antes de qualquer tipo de intervenção da equipa de manutenção, ou seja, durante a G02.

#### 6.1.12 PM12 – Distribuição de tarefas na entrada e saída do seletor

No G05, após retirar o seletor, um operador da manutenção é destacado para efetuar uma limpeza ao mesmo enquanto a temperatura se mantém elevada. Atualmente, após a limpeza referida, é que é permitida a entrada do novo seletor na estrutura.

A PM12 surge, com o objetivo de efetuar uma troca nas tarefas, nomeadamente, priorizar a entrada do novo seletor, passando a limpeza para o fim.

#### 6.1.13 PM13 – Afinar a feira enquanto aquece

A PM13 baseia-se numa preparação prévia da feira que irá entrar, sempre que existe o GO4. Ou seja, antes de uma mudança de feira o 1º Operador deve-se deslocar à feira que irá entrar e efetuar uma pré-afinação.

No caso de sair a feira multicolor e entrar a bicolor, o 1º Operador, desloca-se para pré-afinar o lábio da feira tendo em consideração a colocação dos calços à largura correta e a colocação de uma espessura aproximada do produto final pretendido.

Na feira multicolor a PM13, para além de ter o impacto na pré-afinação, tem o propósito de verificar a possibilidade de os parafusos estarem moidos. Neste sentido, o 1º Operador deslocando-se para efetuar a pré-afinação normal, deverá verificar este problema de forma a evitar pausas provenientes da intervenção da equipa de manutenção.

De notar que em ambas as situações as feiras necessitam de estar em aquecimento para que seja possível a pré-afinação.

#### 6.1.14 PM14 – 1º Operador exclusivamente focado no GO 6, 7 e 8

Atualmente, ao longo dos grupos operacionais 6, 7 e 8 o primeiro operador comete erros repetitivos relacionados com o PR7. Neste sentido, apresenta-se a PM14 com o objetivo de atribuir prioridades ao 1º Operador, já que, a duração das suas atividades nesses grupos influencia diretamente a duração total da mudança.

#### 6.1.15 PM15 – Distribuição do responsável pelas calandras e pela limpeza de desgaseificadores

A PM15 passa pela atribuição da responsabilidade ao 2º operador de dois procedimentos, nomeadamente, a limpeza dos desgaseificadores e o processo de cobrir, limpar e tirar cobertores das calandras. Desta forma retiram-se as tarefas associadas ao 1º Operador, já que este grupo de tarefas influencia diretamente no tempo de entrada da equipa de manutenção.

Para melhor interpretação, apresenta-se, na Figura 25, o responsável pelas tarefas na calandra e nos desgaseificadores.

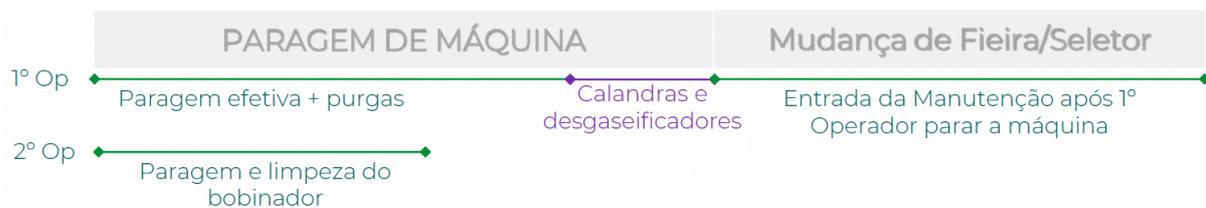


Figura 25 - Processo atual do G02

Na Figura 26, apresenta-se a proposta do processo a ser alterado.



Figura 26 - Processo proposto para o G02 na PM15

De notar que estas operações só acontecem em conjunto em alterações estruturais à linha, ou seja, numa mudança que contenha o G04 ou G05.

#### 6.1.16 PM16 – Preparação antecipada de materiais de embalagem

Ao contrário das propostas de melhoria relacionadas com tarefas a transitarem para o G01, esta tarefa, de preparação antecipada dos materiais de embalagem, já se deveria classificar como uma tarefa externa. Porém, devido ao não cumprimento da mesma, passa a influenciar negativamente na duração da mudança. A presente proposta tem como objetivo reforçar a importância do cumprimento desta tarefa no G01.

#### 6.1.17 PM17 – Material necessário no posto antes da máquina parar

Ao longo de todos os grupos de mudança existe sempre necessidade de ferramentas e materiais para efetuar algumas tarefas. Desta forma, o objetivo da PM17 é criar um *kit* dessas mesmas ferramentas e proceder à requisição antecipada dos mesmos, para evitar que o façam durante uma mudança.

#### 6.1.18 PM18 – Rotina de limpeza de detetor de metais

Passando para a PM18, esta tem como objetivo definir uma rotina mais presente na limpeza dos detores de metais. Estes detores de metais têm como objetivo controlar todo o pigmento e matéria-prima que passa em cada uma das extrusoras.

Atualmente, a limpeza do reservatório dos detetores de metais está definida para ser feita todos os dias no 1º turno, porém, não é cumprido. Normalmente, durante uma mudança de produção o 2º Operador é que analisa e decide se é necessário ou não efetuar a limpeza. Neste sentido, para não prejudicar o rendimento de uma mudança, tem-se como objetivo existir uma verificação diária obrigatória, durante produções, destes reservatórios e esvaziá-los caso necessário.

#### 6.1.19 PM19 e PM20– Pausas de operadores e equipa da feira e Trocas de turno

Ao longo de todo o dia, como referido no PR5, existe, por direito, pausas de equipas e trocas de turno provocando atrasos em algumas mudanças de produção. Neste âmbito a PO 19 e 20 baseiam-se em evitar mudanças de produção em pausas e trocas de turno, substituindo tempo não aproveitado por mudanças eficientes e sem constrangimentos.

### 6.2 Propostas de Melhoria não testadas

De acordo com a Tabela 25, são vinte as propostas de melhoria para a linha de produção EX14. Dessas, existem quatro propostas que não foram testadas nem implementadas.

Na seguinte secção apresentam-se as causas de não existir avanço em cada uma delas.

#### 6.2.1 PM2 - Válvulas nas tremonhas

Como já foi descrito na secção 6.1.2 esta proposta de melhoria de equipamento é característica por ajudar na abertura ou no fecho da tremonha. Apesar dos operadores referirem a importância da mesma, uma vez que, evita movimentos e/ou posições desconfortáveis para os operadores, devido à sua diminuta utilização em mudanças e ao investimento alto que exigiria, decide-se não avançar com esta proposta.

#### 6.2.2 PM12 - Distribuição de tarefas na entrada e saída do seletor

Para que esta proposta fosse aceite seria necessário obter um mecanismo que mantivesse o seletor à temperatura de 200°C, possibilitando uma limpeza posterior do mesmo.

Uma vez que, as características associadas ao equipamento em si são exigentes, a nível de temperatura e de tamanho, define-se que não existe possibilidade de avançar com a abordagem desta proposta.

#### 6.2.3 PM19 e PM20 – Pausas e Trocas de turno dos operadores

Novos problemas podem ser gerados a partir da implementação destas propostas. Nomeadamente, os direitos dos operadores de cumprirem as suas pausas.

Por outro lado, ao prolongar a produção para que uma mudança não calhe em mudança de turno iria gerar excedentes desnecessários, aumentando o valor de material em *stock*.

Posto isto, ambas as propostas não seguem para a fase de testes.

### 6.3 Método de Implementação de Melhorias

Para cada uma das Propostas de Melhoria prontas a testar, estabelece-se o objetivo de seguir todas as mudanças possíveis, com o contributo e participação de toda equipa (chefes de equipa, colaboradores de linha, equipa de manutenção, responsáveis e técnicos de processo).

A cada nova mudança tem-se também o propósito de reunir e acompanhar todas as melhorias possíveis associadas à mesma. Na reunião são apresentadas todas as propostas de melhoria para a mudança que vai acontecer e são também expostas todas as justificações de se estarem a implementar cada uma delas especificamente.

Esta reunião apenas se realiza num horário onde toda a equipa (principalmente a equipa que será responsável pela mudança) está presente e é inclusivamente contextualizado o estado atual das métricas da EX14.

Um dos objetivos desta reunião é a associação dos responsáveis de execução e os de acompanhamento para cada uma das propostas, uma vez que, é importante certificar que todos se sintam comprometidos e que cada proposta é realizada no momento e da maneira correta.

O processo de acompanhamento inicia-se com a criação de um novo documento de acompanhamento, tal como se pode observar no Apêndice 13 – *Template* de Acompanhamento das . Este documento, serve de base de anotação de tempos de execução de cada proposta de melhoria a implementar na mudança. O *template* é atualizado para cada teste em função das operações e os seus responsáveis em cada grupo de operação.

Após terminar cada mudança piloto, os dados são reunidos, tratados e analisados. Todas as conclusões após cada mudança acompanhada são divulgadas à equipa.

A divulgação dos resultados é numa pequena reunião de conclusão da mudança e consiste na apresentação de todos os resultados do acompanhamento, focando-se principalmente nas melhorias alcançadas.

Estas melhorias são apresentadas através da comparação dos tempos reais recolhidos antes das propostas de melhoria, o que é esperado com a proposta e o realmente obtido com o teste da proposta.

Esta fase de conclusão serve também para um novo esclarecimento de dúvidas, feedback dos operadores para perceber se as propostas não influenciam negativamente o trabalho, e principalmente para tomada de decisão quanto a repetição de teste, ou abandono, ou até de ajuste a propostas.

## 7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente capítulo, tem-se como objetivo a discussão dos resultados relativos às propostas de melhoria apresentadas no capítulo 6.

Pelo capítulo anterior é possível perceber que existem propostas que não passaram à fase de testes. Nas seguintes secções é também justificado quais foram as PO que apesar de serem testadas, não obtiveram avanços.

Para além disso, são apresentados na secção 7.1 os resultados e impactos que cada uma das propostas conseguem ter numa mudança.

De seguida, na secção 7.2, abordam-se as comparações dos tempos de uma mudança de produção antes e depois de incluir as melhorias.

Por fim, na secção 7.3, é realizada a associação de todos os resultados das melhorias propostas e demonstrado o impacto que teriam nas métricas.

### 7.1 Resultados das Propostas de Melhoria

Relativamente às propostas apresentadas, segue-se uma tabela que associa todos os seus resultados e impactos na linha.

Na tabela é identificado nomeadamente se as mesmas foram implementadas e, quando possível, quantificado o tempo que as mesmas diminuem numa mudança no grupo específico.

Tabela 29 - Resultado e impacto de cada proposta de melhoria

<i>PM</i>	Descrição	GO	Poupança de tempo	Aprovado?
<i>PM1</i>	Atuadores para despejar balanças de pigmento	3	2min/extrusora	✓
<i>PM2</i>	Válvulas nas tremonhas	-	-	✗
<i>PM3</i>	Corrente automática para seletor	5	10min	✓
<i>PM4</i>	Guia de seletor	5	6min	✓
<i>PM5</i>	Anel de seletor	5	-	✗
<i>PM6</i>	Balseiros de material encostado à parede	3	-	✗
<i>PM7</i>	Filtros para limpeza do piso de cima	3	1min/extrusora	✓
<i>PM8</i>	Definição das tarefas antes da paragem de máquina	2	-	✓
<i>PM9</i>	Limpeza do piso superior antes da máquina parar	3	4min/extrusora	✓
<i>PM10</i>	Limpeza dos balseiros antes da máquina parar	3	3min/extrusora	✓
<i>PM11</i>	Preparação da feira multicolor antes da máquina parar	4	25min	✓
<i>PM12</i>	Distribuição de tarefas na entrada e saída do seletor	5	-	✗
<i>PM13</i>	Afinar a feira enquanto aquece	6	15min	✓
<i>PM14</i>	1º Operador exclusivamente focado no GO 6,7 e 8	6/7/8	-	✓
<i>PM15</i>	Definição do responsável pelas calandras e pelos desgaseificadores	6	5min	✓
<i>PM16</i>	Preparação antecipada de materiais de embalagem	Todos	-	✓
<i>PM17</i>	Material necessário no posto antes da máquina parar	Todos	-	✓
<i>PM18</i>	Rotina de limpeza de detetor de metais	Todos	-	✓
<i>PM19</i>	Pausas de operadores e equipa da feira	Todos	-	✗
<i>PM20</i>	Trocas de turno	Todos	-	✗

De notar que, o tempo referido não significa que esteja a subtrair diretamente no tempo de uma mudança, uma vez que existem momentos em que os operadores estão a trabalhar em paralelo.

Para além disso, existem também propostas, como a PM7 e PM9, que individualmente proporcionam uma poupança de 1 e 4 minutos por extrusora, respetivamente, porém, em conjunto como as tarefas da PM9 englobam as tarefas da PM7, apenas se verifica uma poupança de 4 minutos por extrusora, ao invés dos 5 minutos (4+1).

#### 7.1.1 Propostas de melhoria sem implementação

Para além das quatro propostas de melhoria não testadas referidas na secção 6.2, não são aprovadas como melhorias mais três novas propostas: PM5 – Anel de seletor, PM6 – Balseiros de pigmento

encostados à parede e PM15 – Distribuição do responsável pelas calandras e pela limpeza de desgaseificadores.

A PM5 tem como proposta de valor, a diminuição do tempo na mudança de seletor através da existência de anéis suplentes para que não seja necessária limpeza deste componente no GO5.

Após serem efetuados testes chega-se à conclusão de que enquanto um operador efetua a limpeza dos anéis necessários, um outro operador da mesma equipa trabalha em paralelo na limpeza da estrutura onde o seletor vai reintegrar.

Ou seja, a diminuição de tempo na troca de seletor não se verifica, pelo que, não se decide avançar com esta proposta que implicaria inclusivamente um pequeno investimento.

No que concerne à PM6, a mesma tem como objetivo a colocação de balseiros alinhados de forma a facilitar quer a limpeza quer o abastecimento desses mesmos balseiros com pigmento. Esta mobilização dos balseiros das atuais localizações para as localizações propostas carece da capacidade de sucção do motor para puxar o pigmento para as extrusoras, uma vez que se aumenta a distância que o pigmento terá de percorrer.

Após a realização de testes, a capacidade de sucção provou-se não ser suficiente sendo necessário investimento para a obtenção de motores novos com a capacidade necessária. Não havendo disponibilidade para novos investimentos em substituição de motores a funcionar em pleno, é decidido não avançar com esta proposta.

Por fim, também não é avançada com a PM15, na totalidade do que é a proposta, que tem o objetivo de passar ambas as tarefas associadas às calandras e aos desgaseificadores do 1º para o 2º Operador.

Após análise e teste deste novo procedimento, verifica-se que a limpeza necessita de permanecer como responsabilidade do 1º Operador, uma vez que é um processo minucioso e complicado para as competências do 2º Operador.

Desta forma, apenas as tarefas de descobrir, cobrir e limpar as calandras mudam de responsável.

#### 7.1.2 Propostas de melhoria aprovadas sem tempo específico associado

Como se pode verificar, pela Tabela 29, existem propostas aceites que não se refletem diretamente em poupanças de tempo numa mudança de produção, tais como, as PM8 – Definição das tarefas antes da paragem de máquina, PM14 – 1º Operador exclusivamente focado no GO 6, 7 e 8, PM16 – Preparação

antecipada de materiais de embalagem, PM17 – Material necessário no posto antes da máquina parar e PM18 – Rotina de limpeza de detetor de metais.

Neste caso, têm como objetivo mudanças comportamentais, prevenindo ineficiências e implementando boas práticas nos diferentes processos.

#### 7.1.3 Propostas de melhoria de mitigação de gargalos de fluxo (*bottle neck*)

As propostas de melhoria estão também orientadas para minimizar gargalos de fluxo dentro das mudanças de produção.

No que concerne às PM1 – Atuadores para despejar pigmento, PM7 – Filtros para limpeza do piso de cima, PM9 – Limpeza do piso superior antes da paragem de máquina, e PM10 – Limpeza dos balseiros antes da máquina parar, têm como objetivo a diminuição do gargalo do GO3 – Limpeza do sistema de alimentação. Este só se verifica em mudanças de largura e mudanças de cor.

Para a PM11 – Preparação da feira multicolor antes da máquina parar associada ao GO4 – Mudança de Feira e as PM3 – Corrente automática para seletor e PM4 – Guia de seletor associadas ao GO5 – Mudança de Seletor têm como objetivo diminuir gargalos em trocas de feira e troca de seletor, respetivamente.

Por fim, as PM13 – Afinar a feira enquanto aquece PM15 – Distribuição do responsável pelas calandras e pela limpeza de desgaseificadores focam-se na diminuição do tempo associado ao gargalo no GO6 – Preparação de Arranque (Preparação de Arranque). Apesar de existir este grupo em todas as mudanças que contenham paragem de máquina, as propostas apenas otimizam em situações de troca de feira e seletor, uma vez que nas outras mudanças não é um gargalo.

#### 7.1.4 Propostas de melhoria sem impacto direto na duração da mudança

As propostas estão direcionadas a melhorar certos grupos operacionais, resultando na diminuição da duração dos mesmos.

Em cada uma das mudanças, caso esteja presente um grupo operacional otimizado, a duração desse grupo de tarefas específicas vai diminuir. Porém, caso o grupo não seja caracterizado como um gargalo de fluxo nessa mudança, a duração final da mudança não irá ser influenciada pela melhoria.

Este tipo de situações acontece em trocas de feira e de seletor, onde o gargalo existente está nas tarefas de 1º Operador e na equipa de manutenção. Porém, como o GO3 também está a ser otimizado este irá impactar na diminuição nas tarefas de limpeza de 2º Operador, mas não na duração geral da mudança.

## 7.2 Comparação dos tempos estimados de uma mudança

A partir das propostas de melhoria quantificáveis, e do tempo que estas permitem diminuir cada grupo de operações, é calculado o novo tempo esperado para cada tipo de mudança.

À semelhança da Tabela 21, a tabela abaixo determina a duração de cada mudança de produção pelo somatório de tempo necessário a cada um dos seus grupos de operação.

Tabela 30 - Tempo esperado médio após implementação de melhorias

Mudança	Op.	GO2	GO3	GO4	GO5	GO6	GO7	GO8	GO9	Σ	Dif.
Fieira (Entrada Multicor)	1° Op.	<u>0h52</u>	-	-	-	<u>0h47</u> (0h52)	<u>0h06</u>	<u>0h44</u>	<u>1h37</u>	(5h47) 5h17	<b>-30 min</b>
	2° Op.	0h29	<u>0h19</u> (1h04)	-	-	0h22	0h06	0h14	-		
	Man.	-	-	<u>1h11</u> (1h36)	-	-	-	-	-		
Fieira (Saída Multicor)	1° Op.	<u>1h10</u>	-	-	-	<u>0h35</u> (0h55)	<u>0h06</u>	<u>1h02</u>	-	(5h08) 4h48	<b>-20 min</b>
	2° Op.	0h40	<u>0h27</u> (1h12)	-	-	0h22	0h06	0h14	-		
	Man.	-	-	<u>1h55</u>	-	-	-	-	-		
Seletor	1° Op.	<u>0h23</u>	-	-	-	<u>0h36</u> (0h41)	<u>0h06</u>	<u>0h45</u>	-	(2h36) 2h15	<b>-21min</b>
	2° Op.	0h36	0h20	-	-	0h40	0h13	0h24	-		
	Man.	-	-	-	<u>0h25</u> (0h41)	-	-	-	-		
Seletor e cor	1° Op.	<u>0h27</u>	-	-	-	<u>0h55</u> (1h00)	<u>0h06</u>	<u>0h45</u>	-	(2h59) 2h38	<b>-21min</b>
	2° Op.	0h27	<u>0h27</u> (1h03)	-	-	0h33	0h13	0h24	-		
	Man.	-	-	-	<u>0h25</u> (0h41)	-	-	-	-		
Largura	1° Op.	0h10	-	-	-	<u>1h08</u>	<u>0h06</u>	<u>0h51</u>	-	(3h03) 2h57	<b>-6 min</b>
	2° Op.	<u>0h29</u>	<u>0h23</u> (0h29)	-	-	0h24	0h06	0h14	-		
Largura e cor	1° Op.	0h13	-	-	-	<u>1h14</u>	<u>0h06</u>	<u>0h51</u>	-	(3h18) 2h42	<b>-36 min</b>
	2° Op.	<u>0h25</u>	<u>0h06</u> (0h42)	-	-	0h23	0h06	0h14	-		
Cor	-	-	<u>0h26</u> (1h02)	-	-	-	-	-	-	(1h02) 0h26	<b>-36 min</b>
Espessura	-	-	-	-	-	-	-	<u>0h57</u>	-	0h57	0
Mistura	-	-	-	-	-	-	-	<u>1h10</u>	-	1h10	0
Acond.	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>0h20</u>	0h20	0

Note-se que para eliminar a variabilidade associada ao número de extrusoras a limpar no GO3, foi definido que se limpam em média cinco extrusoras em mudanças de feira e três extrusoras nas restantes mudanças.

A partir da tabela apresentada, existem diminuições de tempos em 4 diferentes grupos.

Como mencionado na secção 7.1.4, com as melhorias previstas para cada um dos GO's, não é esperado que cada uma destas melhorias tenham impacto direto na duração total de uma mudança.

Como por exemplo, se se efetuar a soma das poupanças por grupo, numa Mudança de Feira (entrada), obtém-se um total de 75 minutos. No entanto, como as operações do 1º Operador são o *bottle neck*, são as que definem a duração total numa mudança.

Ou seja, no caso das mudanças que incluam o GO4 e GO5, o seu gargalo é a troca de feira e de seletor, respetivamente. Neste caso, as melhorias implementadas no GO3, apesar de serem postas em prática, não influenciam diretamente na diminuição do tempo.

No caso das mudanças de largura e mudança de cor, que o gargalo de fluxo é o GO3, as PO's que permitem diminuir tempo no GO3 vão ser impactantes, diminuindo diretamente a duração da mudança.

Assim, percebe-se que tendo em conta o tipo de mudança e o seu *bottle neck*, as PO's vão influenciar de maneira diferente.

### 7.3 Revisão das métricas

Após determinar o tempo que cada mudança pode atingir com as melhorias mencionadas, tem-se como objetivo estimar o impacto que teriam nas métricas utilizadas para KPI e apresentadas na secção 4.1.

Sem implementar as propostas de melhoria, o resultado atual das principais métricas com base na performance dos primeiros 10 meses do ano de 2023 encontra-se na Tabela 31.

Tabela 31 - Resultados dos KPI's dos primeiros 10 meses de 2023

KPI	Rendimento Operacional	Desperdício de processo	Tempo desperdiçado por tonelada	Peso desperdiçado por tonelada
EX14	83,1%	8,2%	7,8 min/ton	87 kg/ton

Para cada uma destas métricas será estimado individualmente nas respetivas secções.

### 7.3.1 Rendimento operacional

O rendimento operacional é o produto da disponibilidade operacional e do rendimento velocidade. Na Tabela 32 são apresentados os valores para cada uma destas parcelas.

Tabela 32 - Desdobramento do valor atual de rendimento operacional

KPI	Disponibilidade operacional	Rendimento de velocidade	Rendimento Operacional
EX14	85,5%	97,1%	83,1%

No que concerne à disponibilidade operacional, lembre-se que é inversamente proporcional ao tempo gasto em ineficiência.

Os resultados atuais indicam que para uma produção efetiva de 6434,75h, foram registradas 927,65 horas sem produção efetiva de material onde 684,9 dessas horas foram em mudanças – aproximadamente 74% das ineficiências.

Para a estimativa do tempo gasto em ineficiência por ação da implementação das propostas de melhorias quantificáveis, é necessário obter o valor do tempo poupado e subtrair esse valor às horas de ineficiência.

A partir da Tabela 33, é possível obter o número de mudanças de produção para o mesmo período de observação das métricas apresentadas. Para além disso, é apresentado o tempo de poupança acumulado de acordo com os tempos referidos na Tabela 30.

Tabela 33 - Número de vezes que se efetuou cada tipo de mudanças

Mudança	Nº de mudanças	Poupança por mudança	Tempo total
Mudança de Feira (Entrada Multicor)	28	30 minutos	840 minutos
Mudança de Feira (Saida Multicor)	28	20 minutos	560 minutos
Mudança de Seletor	16	21 minutos	336 minutos
Mudança de Seletor e cor	25	21 minutos	525 minutos
Mudança de Largura	23	6 minutos	138 minutos
Mudança de Largura e Cor	66	36 minutos	2376 minutos
Mudança de Cor	52	36 minutos	1872 minutos
Mudança de Espessura	5	-	0
Mudança de Mistura	0	-	0
Mudança de Acondicionamento	4	-	0
<b>TOTAL</b>			<b>6647 minutos</b>

Como é possível verificar, com o acumular das mudanças dos meses em análise e incluindo as propostas de melhoria, estima-se que estas possibilitem uma diminuição de 6647 minutos, ou seja, 110,78 horas. Em laboração contínua este valor equivale a, aproximadamente, 4,6 dias de desperdício de tempo com ou sem desperdício de material que poderiam proporcionar produção contínua de material para o cliente. Na Tabela 34 são apresentadas as horas de produção efetiva e as horas de ineficiência reais e estimadas com a implementação de melhorias.

Tabela 34 - Comparação do tempo gasto em ineficiências antes e depois de implementação

	Tempo de produção efetiva	Tempo gasto em ineficiência
<b>Antes de implementação</b>	6434,75 h	927,65 h
<b>Com a implementação</b>	6434,75 h	816,87 h

Tendo por base as horas de ineficiências estimadas após a implementação de propostas de melhoria, as métricas relacionadas com o rendimento operacional são atualizadas para os valores da Tabela 35.

Tabela 35 - Atualização dos KPI's incluindo melhorias

KPI	Disponibilidade Operacional	Rendimento de Velocidade	Rendimento Operacional
<b>EX14</b>	87,3%	97,1%	84,8%

Como as propostas de melhoria não visam alterações nas velocidades da máquina, o KPI de Rendimento de Velocidade permanece o mesmo. Por sua vez, retirando o tempo de ineficiências, a Disponibilidade Operacional aumentaria, provocando proporcionalmente, um aumento no Rendimento Operacional da linha.

Relembrando que o objetivo da linha para o Rendimento Operacional é de 86% e assumindo que o Rendimento de Velocidade deveria ser 100%, apenas seria necessário um valor de Disponibilidade Operacional de 86%. Dentro deste panorama, com as melhorias propostas implementadas, passava-se a cumprir o objetivo da linha, uma vez que o valor aumenta dos 85,5% para os 87,3% (1,3% acima do seu objetivo).

Porém como o Rendimento de Velocidade não cumpre com o valor esperado, o rendimento operacional com o impacto das propostas de melhoria estabelecer-se-ia nos 84,8%, representando um acréscimo de 1,7% face aos 83,1% reais.

### 7.3.2 Desperdício de processo

Ao contrário do rendimento operacional, o desperdício de processo geral de uma mudança não consegue ser estimado de forma direta associando a propostas de melhoria.

Durante uma mudança de processo existe sempre o tempo de mudança onde a máquina está a debitar material. Mas pode também ter tempo de mudança onde a máquina está parada e por isso não existirem perdas de material.

Na seguinte tabela, são apresentados os GO's que têm desperdício de material associado aos dois principais tipos de mudança.

Tabela 36 - Grupos de desperdício de material numa mudança

Mudança	Grupo com desperdício associado
Mudança com Paragem	G02, G07, G08 e G09
Mudança sem Paragem	G03 e G08

Como mencionado na Tabela 12, as mudanças com paragem são as mudanças de fieira, de seletor e de largura. As restantes mudanças de cor, espessura, acondicionamento e mistura são mudanças sem paragem.

Não podendo o ganho em material ser estimado de forma direta, é estudado o comportamento do desperdício no mesmo período homólogo do ano de 2022 e 2023.

Sabe-se que para os mesmos 10 primeiros meses do ano de 2022 e 2023, em relação ao desperdício, obtiveram-se os seguintes valores presentes na Tabela 37.

Tabela 37 - Desperdício de processo nos primeiros 10 meses dos anos de 2022 e 2023

Ano	Desperdício de Processo	Quantidade Desperdiçada	Quantidade Bruta	Representatividade das mudanças
2022	10,4%	770,8 ton	7419,2 ton	58%
2023	8,2%	645 ton	7896,8 ton	54%

A partir da tabela acima apresentada, verifica-se uma diminuição de 4 pontos percentuais na representatividade do desperdício das mudanças, dentro do desperdício de processo em geral. Desta forma, como a diminuição da métrica de desperdício de processo está relacionada com a diminuição da representatividade das mudanças, significa que com a implementação das propostas de melhoria e na respetiva diminuição da representatividade das mudanças, valor de desperdício irá diminuir proporcionalmente.

De forma a complementar o estudo acerca do desperdício, apresenta-se a seguinte tabela que inclui as variações das representatividades dos tipos de mudança para os anos de 2022 e 2023.

Tabela 38 - Variação da representatividade do desperdício nas mudanças em 2022 e 2023

	Mudança de Fieira	Mudança Seletor e Largura	Mudança de Espessura	Mudança de Cor
Nº de mudanças (2022)	65	131	38	63
Toneladas de desperdício p/mudança (2022)	1,74	1,5	1,58	1,12
Nº de mudanças (2023)	56	130	5	52
Toneladas de desperdício p/mudança (2023)	1,76	1,42	1,46	1,06
Variação da representatividade do desperdício	+1,1%	-5,4%	-7,6%	-5,4%

Tendo em conta os resultados apresentados na Tabela 38, consegue-se perceber quais as mudanças que melhoraram em termos de representatividade de um ano para o outro.

Relativamente às mudanças de seletor, largura, espessura e cor, todo o acompanhamento durante o ano de 2023 e as propostas de melhoria testadas resultaram em melhorias a rondar os 6%, apresentando nesta fase inicial uma evolução positiva.

No que concerne à mudança de fieira, esta obteve um aumento de 1,1% na representatividade do desperdício ao longo das suas mudanças. Todos os testes e mudanças implementadas neste tipo de mudança avançaram numa altura mais tardia do ano de 2023, pelo que, pode ainda não estar a influenciar positivamente na linha.

Por outro lado, este valor, permite definir a próxima vertente de acompanhamento, no sentido de perceber o impacto real das melhorias implementadas.

### 7.3.3 Tempo desperdiçado por tonelada produzida

De forma a perceber melhor a dimensão da desvantagem do desperdício de processo, como referido na secção 4.1.2, consegue-se ter uma melhor perspetiva com a análise do tempo esperado extra necessário para produzir uma tonelada aproveitada para o cliente.

Neste sentido, apresenta-se na Tabela 39, onde é apresentado o tempo desperdiçado por tonelada dos primeiros 10 meses do ano de 2023.

Para além disso, é comparado com o tempo desperdiçado esperado, incluindo as melhorias, para o mesmo intervalo de tempo.

Tabela 39 - Tempo desperdiçado por tonelada produzida nos primeiros 10 meses do ano de 2023

	<b>Real</b>	<b>Esperado</b>
<b>Tempo de Ineficiência</b>	927,65 h	816,67 h
<b>Quantidade Líquida</b>	7088,5 ton	
<b>Tempo Desperdiçado por tonelada</b>	7,8 min/ton	6,9 min/ton

Como se pode verificar, prevê-se uma diminuição aproximada de 1 minuto de desperdício por cada tonelada produzida, com as propostas de melhoria implementadas.

## 8. CONCLUSÕES

O presente capítulo apresenta as considerações finais obtidas no projeto, assim como, algumas propostas a serem desenvolvidas num futuro próximo.

### 8.1 Considerações Finais

Para o Departamento Industrial da Intraplás, o foco na excelência e na melhoria contínua nos seus processos é uma prática comum. E, para o ano de 2023, esta prática foi alavancada com o projeto Íris – projeto de melhoria de eficiência de uma linha de extrusão (EX14), abrindo a oportunidade ao desenvolvimento desta dissertação.

O principal contributo que o trabalho desenvolvido teve no projeto está inserido na melhoria das operações da linha de extrusão.

A partir de uma análise prévia à linha, tornou-se evidente que a operação de mudança das linhas é a que surge como mais preocupante à organização, dividindo o objetivo em dois focos de trabalho – a standardização de operações de *setup* e a redução dos tempos de execução de uma mudança.

De forma antecipada ao mapeamento de *setups*, foram realizadas reuniões com Técnicos de Produção e Chefe de Equipa com o objetivo de agrupar todos os procedimentos de todas as mudanças de produção.

Todas estas reuniões resultaram num elevado número de tarefas novas a acompanhar, tornando-se uma dificuldade, uma vez que numa fase prematura das análises das mudanças de produção foi difícil identificar qual o tipo de tarefas que os operadores estavam a realizar.

Após todo o mapeamento e acompanhamento das operações na linha de extrusão, encontraram-se problemas baseados, principalmente, na diferença de métodos entre os operadores e situações comportamentais, relativamente, às suas pausas e atrasos em alguns grupos operacionais.

Para esta fase de mapeamento e acompanhamento foram utilizadas várias ferramentas que facilitassem o avanço do projeto, nomeadamente, diagramas em BPMN para auxiliar no mapeamento dos *setups* e diagrama de *Ishikawa* para auxiliar na identificação das causas que provocaram os problemas.

Após serem mapeados processos para 10 diferentes mudanças de produção e acompanhados 72 diferentes *setups*, com duração total superior a 200 horas, foram identificados 7 diferentes grupos de problemas.

Os problemas identificados tinham como principal base a pouca standardização de tarefas, a falta de formação e situações comportamentais, relativamente às suas pausas e atrasos em alguns grupos operacionais.

Posto isto, foram apresentadas 20 propostas de melhoria onde foram equacionadas inclusivamente propostas relacionadas com a metodologia SMED, capazes de cumprir com o objetivo de reduzir o tempo de execução de uma mudança.

De todas as propostas apresentadas, nenhuma surge no âmbito do PR3 - Falta de formação), cujo foco está nos procedimentos atuais da formação dos operadores, uma vez que este processo está a ser acompanhado por outro departamento.

Das 20 propostas de melhoria apresentadas à equipa industrial, apenas 4 propostas não passaram para a fase de testes e 3 propostas não foram implementadas após os testes. As propostas que não avançaram eram propostas que não se enquadravam com as necessidades atuais para a linha ou eram, para já, inatingíveis a nível de esforço de equipa ou de custo.

Assim, capazes de solucionar os restantes problemas identificados, decidiram-se implementar 13 propostas de melhoria, equivalente a 65% das propostas apresentadas.

No decorrer dos testes, foram realizadas várias reuniões de acompanhamento às melhorias, no sentido de facilitar a dinâmica de quem elaborava as novas tarefas e de quem estava responsável por acompanhar. Ao longo de todos os testes, foi notória a existência de resistência à mudança por parte dos operadores, uma vez que estes tiveram um papel importante ao estarem presentes em todas as fases do projeto.

Como resultados de eficiência de linha com a implementação de propostas, estimou-se que seria possível uma diminuição de 110,78 horas nas 684,9 horas de mudanças de produção dos 10 primeiros meses do ano 2023.

Esta mitigação de desperdício associado às operações de mudança representa no resultado global da linha um aumento projetado de 2,11% na disponibilidade operacional, revertendo de forma direta num aumento no 2,05% do rendimento operacional da linha.

Para as propostas de melhoria que não resultam em melhorias de tempo de operação, no futuro podem proporcionar aos operadores um *setup* mais eficiente e com qualidade. Esta evolução permitirá a interação contínua dos operadores e os seus responsáveis, provocando o aparecimento de novas propostas das quais podem incluir melhorias de tempo associadas às mudanças.

Respondendo à questão de investigação, consegue-se perceber que apesar da metodologia SMED apresentar melhorias notórias em termos de redução de tempo de máquina parada, a junção de outras ferramentas *Lean*, como por exemplo, a standardização de operações que permite capacitar ainda mais as melhorias propostas. Permitem em conjunto um aumento de produtividade e eficácia reduzindo desperdícios, tempo de *setup* e dos custos de produção.

Todo o trabalho desenvolvido em torno da melhoria de operações da linha de extrusão, nomeadamente nas mudanças de produção, foi fruto de um excelente trabalho e organização da equipa. Esta dedicação e os resultados apresentados não eram alcançados se não houvesse a interajuda na equipa destacada para o projeto.

## 8.2 Trabalho Futuro

Para trabalho futuro sugere-se a foco contínuo no trabalho em três vertentes distintas: competências de operadores, implementação de propostas em standby, e novo mapeamento e estudo do processo.

Nas competências dos operadores, sugere-se que se tenha como prioridade a formação dos mesmos. A evolução da formação de todos os operadores para instruções de trabalho em vídeo e até a utilização de realidade virtual, deve ser levada a cabo por todos. Este fator é preponderante para a evolução e digitalização da empresa, uma vez que, acompanharia outras evoluções a acontecer atualmente no chão de fábrica.

Esta formação tem como objetivo abranger também todos os novos operadores aquando da sua entrada na empresa.

Para além disso, sugere-se a implementação das matrizes de competências dos colaboradores. Este seria um fator diferenciador e capaz de facilitar no momento a substituição acertada de cada um dos operadores para a posição correta.

De forma a atingir a capacidade máxima dos resultados previstos, devem ser tidas em consideração todas as propostas aceites e que ainda faltam implementar, para que passem assim de propostas a novos processos. É esperado também que todas as melhorias propostas ao longo da dissertação contribuam, de certa forma, para a melhoria geral da empresa.

A diminuição de tempos dos gargalos existentes a partir destas propostas de melhoria, provocam o aparecimento de novos. Desta forma, cria-se assim um ciclo em torno das melhorias identificadas de forma contínua possibilitando a criação de um novo início com novas melhorias na linha de produção.

Porém, não são só aquelas propostas que reduzem efetivamente o tempo que são importantes, mas sim, todas as outras em conjunto. Estas podem ser fruto de uma possível melhoria de processo noutras linhas de produção contribuindo para o objetivo principal de melhoria contínua estabelecido na Intraplás.

## 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*(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Alves, A. C. (2020). *Introdução ao Toyota Production System e Lean Production. Slides de apoio à lecionação de várias unidades curriculares. 11ª edição.*
- Bessant, J., Caffyn, S., Gilbert, J., Harding, R., & Webb, S. (1994). Rediscovering continuous improvement. *Technovation*, *14*(1), 17–29. [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0166-4972(94)90067-1)
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, *48*(4), 1069–1086. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- Ebrahimi, A., Khakpour, R., & Saghiri, S. (2023). Sustainable setup stream mapping (3SM): a systematic approach to lean sustainable manufacturing. *Production Planning and Control*, *34*(4), 311–329. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1916637>
- Fercoq, A., Lamouri, S., & Carbone, V. (2016). Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, *137*, 567–578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.107>
- Filla, J. (2016). The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line. *Journal of Competitiveness*, *8*(2), 59–69. <https://doi.org/10.7441/joc.2016.02.05>
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision*, *46*(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. McGraw-Hill Education, New York.*
- Janjić, V., Todorović, M., & Jovanović, D. (2020). Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation. *Engineering Management Journal*, *32*(2), 98–106. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>

- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. D. M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, *78*, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Karn Bulsuk. (2009, Fevereiro 2). *Taking the First Step with the PDCA (Plan-Do-Check-Act) Cycle*. <https://www.bulsuk.com/2009/02/taking-first-step-with-pdca.html>.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, *45*(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Liker, J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (1st Edition). McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071392310>
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, *20*(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6), 662–673. <https://doi.org/https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York.
- Pattaro, R. G., Inacio, R. H., da Silva, I. B., Hassui, A., & Barbosa, G. F. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer*, *119*(9–10), 6469–6487. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08534-w>
- Read, R. G. (2004). Maynard's industrial Engineering Handbook. *K. B. Zandin (Ed.), (Fifth ed.): McGraw-Hill Standard Handbooks*.
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. *Procedia Manufacturing*, *38*, 765–775. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>

- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shingo S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED Systems*. Portland, Oregon, Productivity Press.
- Silva, L. D. S. (2017). *Melhoria de processos de embalagem aplicando princípios Lean Thinking numa empresa da indústria metalúrgica* [Https://hdl.handle.net/1822/49450]. Universidade do Minho.
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma - getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Someka. (2023, Maio 2). *Kaizen Methodology: Real Life Examples that Wikipedia Can't Tell You*. <https://www.someka.net/blog/kaizen-methodology/>.
- Sousa R. (2022). *Redução de Tempos de Preparação. Dispositivos Anti Erro. Slides de apoio. 18ª edição*.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. HarperCollins Publishers, New York, USA.

## APÊNDICE 1 – *TEMPLATE* DE ACOMPANHAMENTO DE MUDANÇAS DE PRODUÇÃO

Observação de mudanças de setup

Data: \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ Mudança para entrada de Fiera Multicolor

Preparação arranque	1º	Introduzir parâmetros da FT (temperaturas...) Introduzir OP no terminal dos silos Afinar lábio Mudar receita nova Apertar parafusos dos calços enquanto a máquina purga Verificar esp. saída da fieira e apertar/desapertar parafusos Tirar cobertores das calandras, arrumar e limpar Puxar material das calandras à frente Purga para arranque Limpar o lábio Puxar a calandra mais perto da fieira		
	2º	Ajuda no processo de limpeza do lábio Troca de filtros Retira filtros antigos		
Arranque de máquina	1º	Limpar lábio, arrancar e fazer emenda		
	2º	Ligar bobinador Colocar acumulador em automático Manter linha esticada e seguir emenda		
Afinação de máquina	1º	Afinas calandras e colocar extrusoras à velocidade Fazer afinação do laminado Ligar pigmentos		
	2º	Fechar puxo Limpar e fechar desgaseificadores Pôr as lâminas de tiras a cortar Dividir material Bobinadores em automático		
Afinação das faixas	1º	Afinação da espessura		
	2º	Acerto da largura		
Aproveitar material	1º	Começar a aproveitar a máquina		
	2º	Preparar lasers e acertar após afinação da fieira		

Figura 27 - *Template* de Acompanhamento de Mudanças de Produção

## APÊNDICE 2 – DIAGRAMA BPMN – ANTES DA PARAGEM DE MÁQUINA

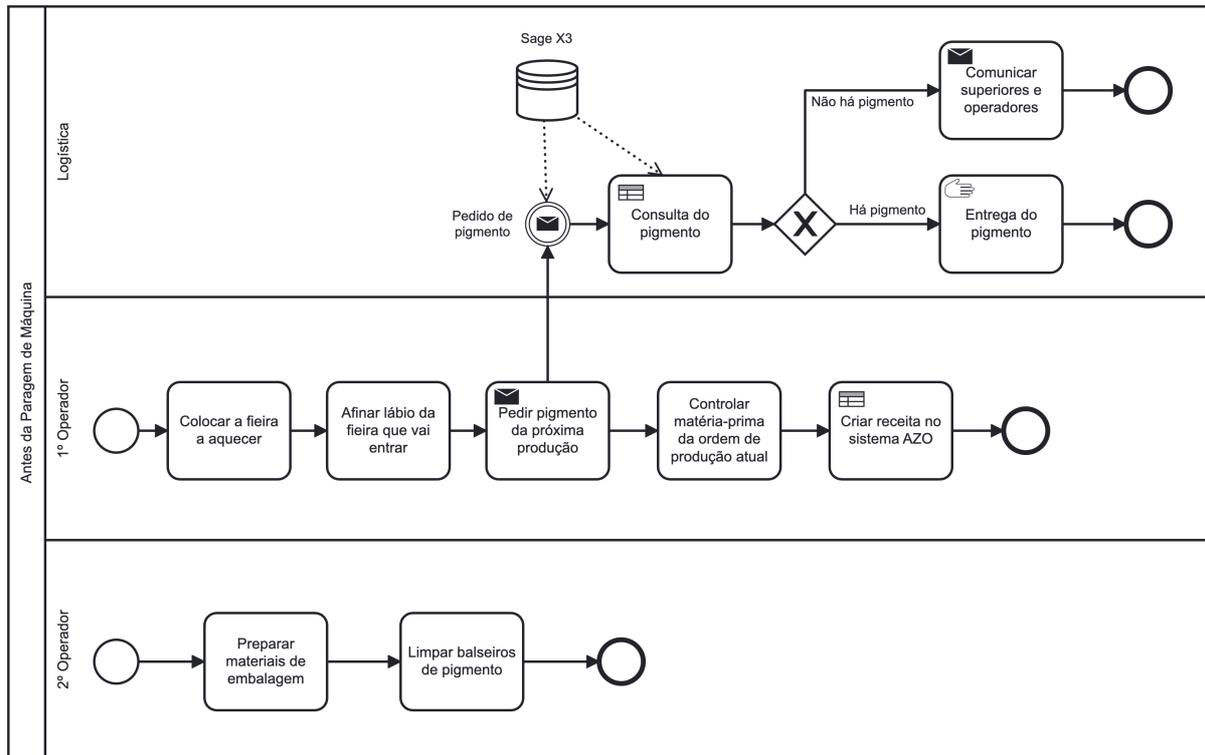


Figura 28 - BPMN - Antes da Paragem de Máquina

### APÊNDICE 3 – DIAGRAMA BPMN – PARAGEM DE MÁQUINA

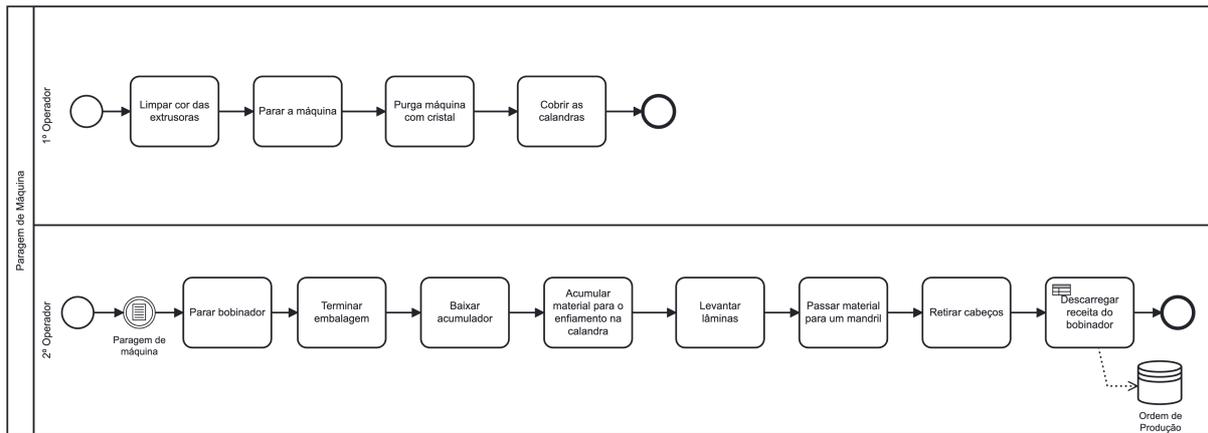


Figura 29 - BPMN - Paragem de Máquina

## APÊNDICE 4 – DIAGRAMA BPMN – LIMPEZA DE MÁQUINA

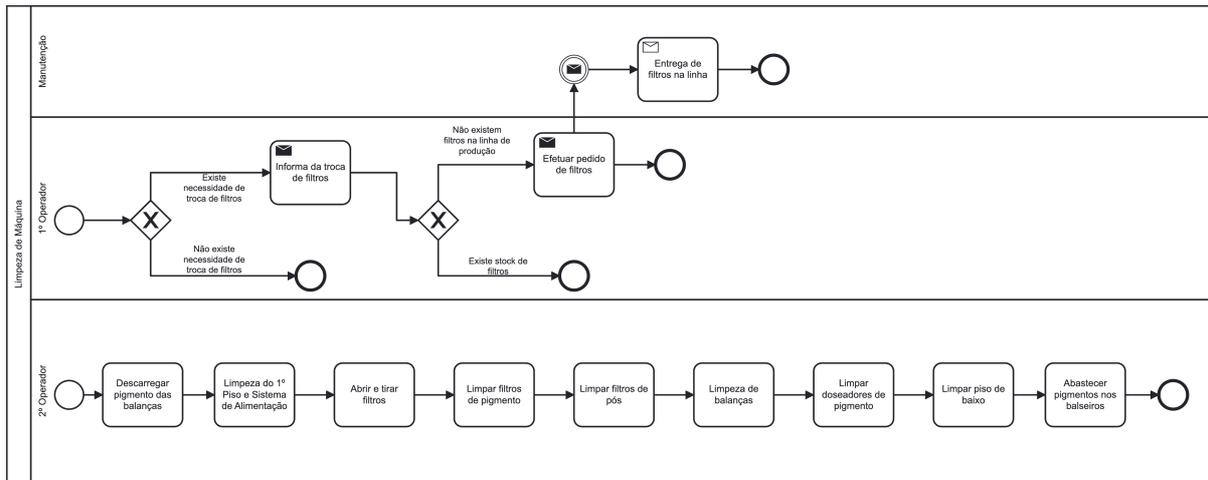


Figura 30 - BPMN - Limpeza de Máquina

## APÊNDICE 5 – DIAGRAMA BPMN – MUDANÇA DE FIEIRA

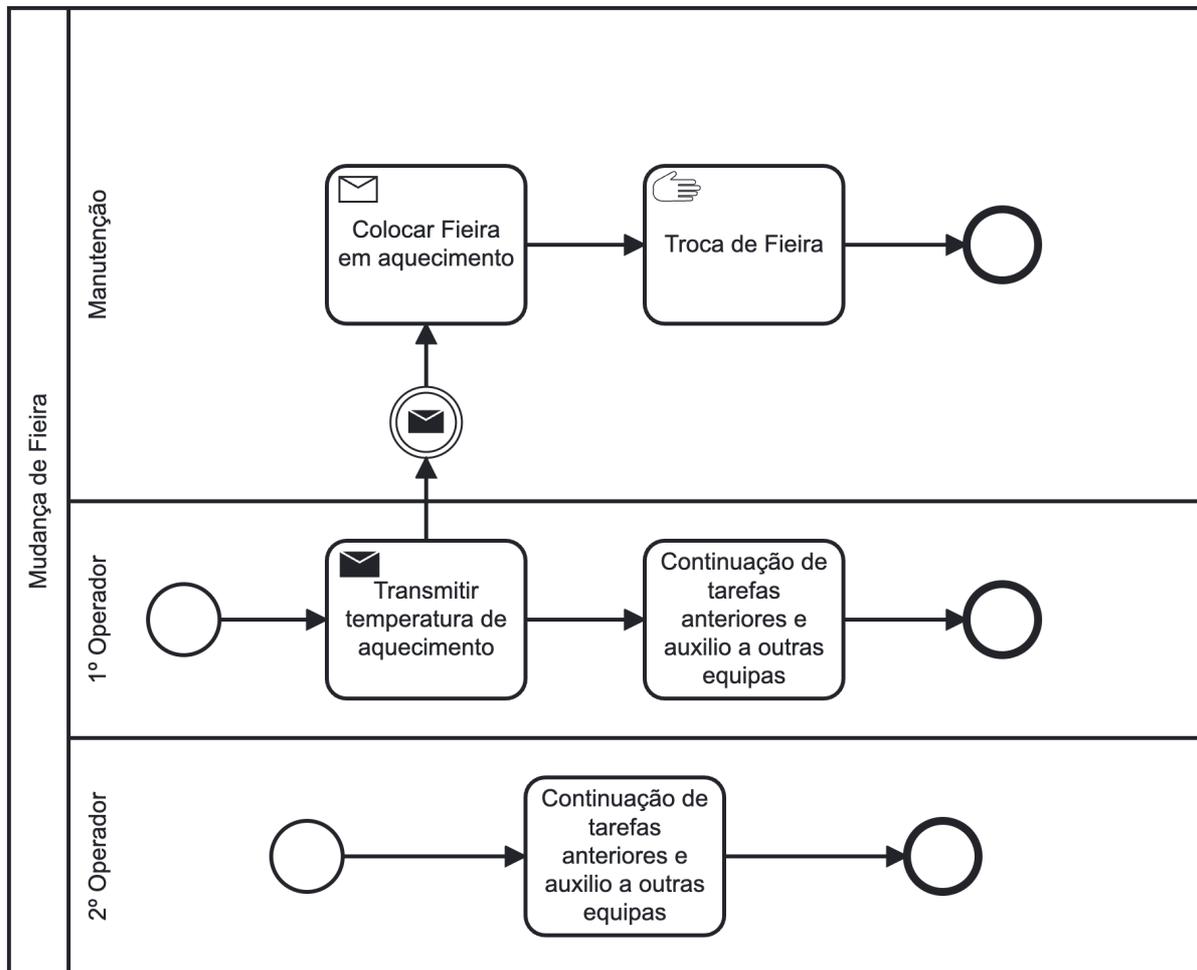


Figura 31 - BPMN - Mudança de Fieira

## APÊNDICE 6 – DIAGRAMA BPMN – MUDANÇA DE SELETOR

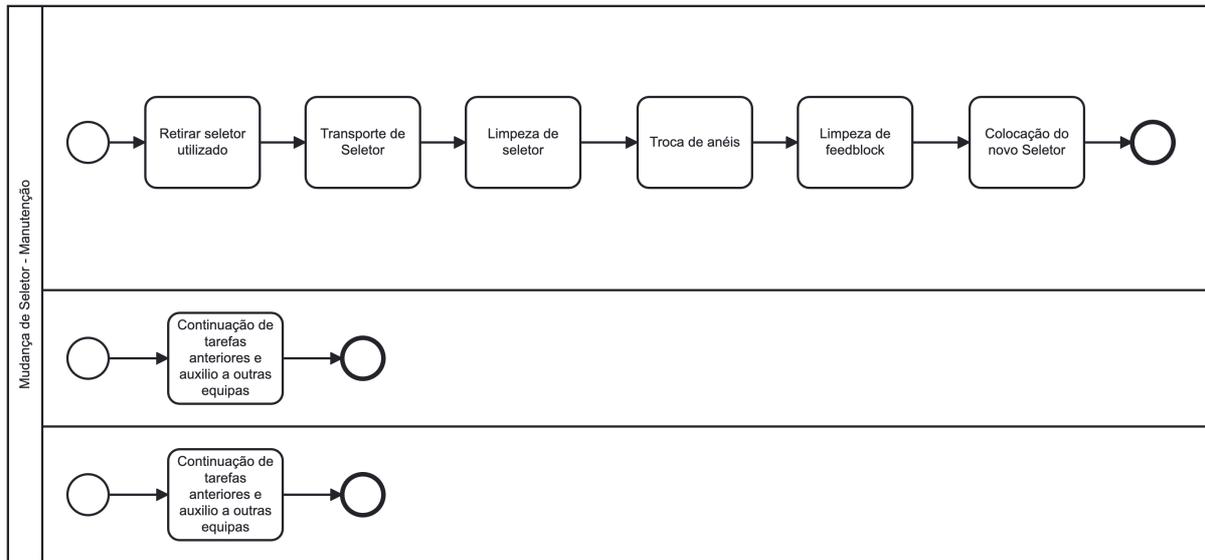


Figura 32 - BPMN - Mudança de Seletor

## APÊNDICE 7 – DIAGRAMA BPMN – PREPARAÇÃO DO ARRANQUE DE MÁQUINA

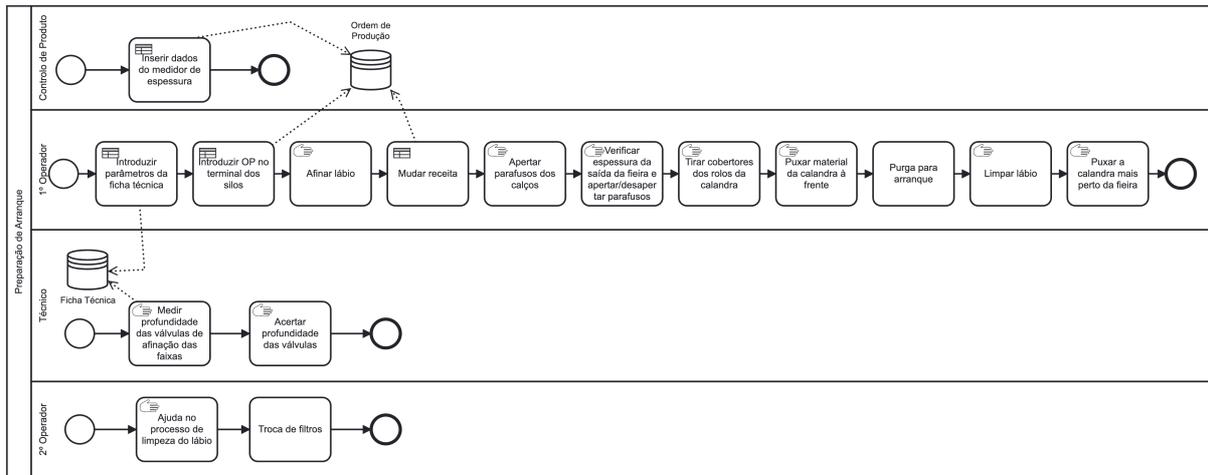


Figura 33 - BPMN - Preparação do Arranque de Máquina

## APÊNDICE 8 – DIAGRAMA BPMN – ARRANQUE DE MÁQUINA

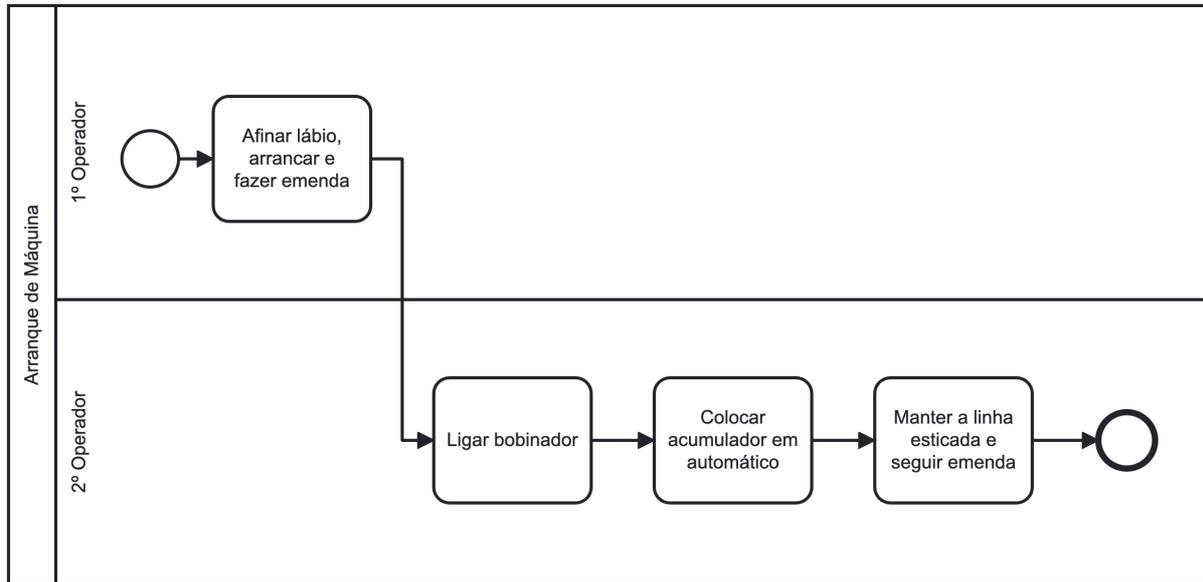


Figura 34 - Diagrama BPMN - Arranque de Máquina

## APÊNDICE 9 – DIAGRAMA BPMN – AFINAÇÃO DE MÁQUINA

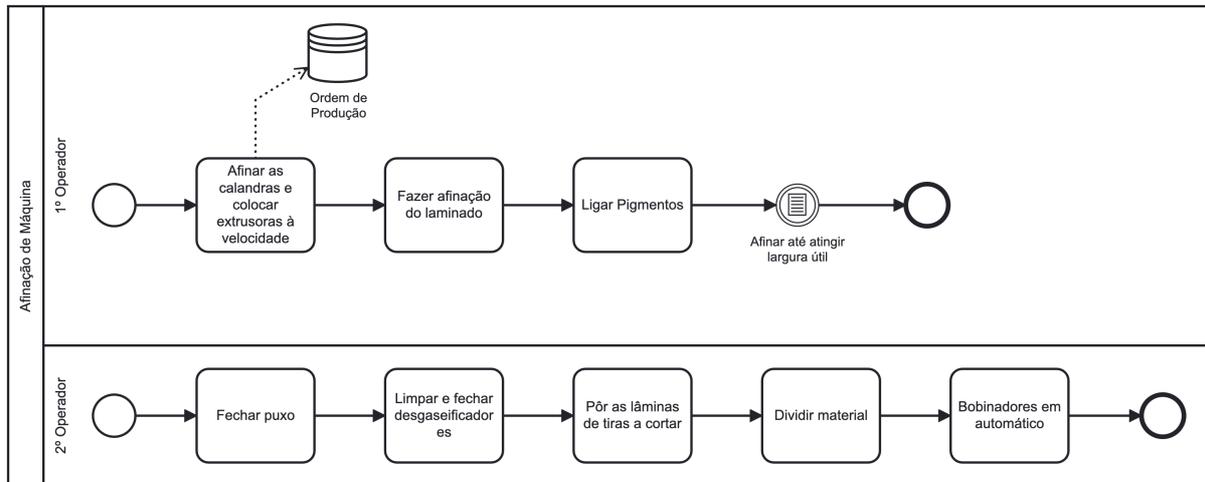


Figura 35 - BPMN - Afinação de Máquina

# APÊNDICE 10 – DIAGRAMA BPMN – AFINAÇÃO DE FAIXAS

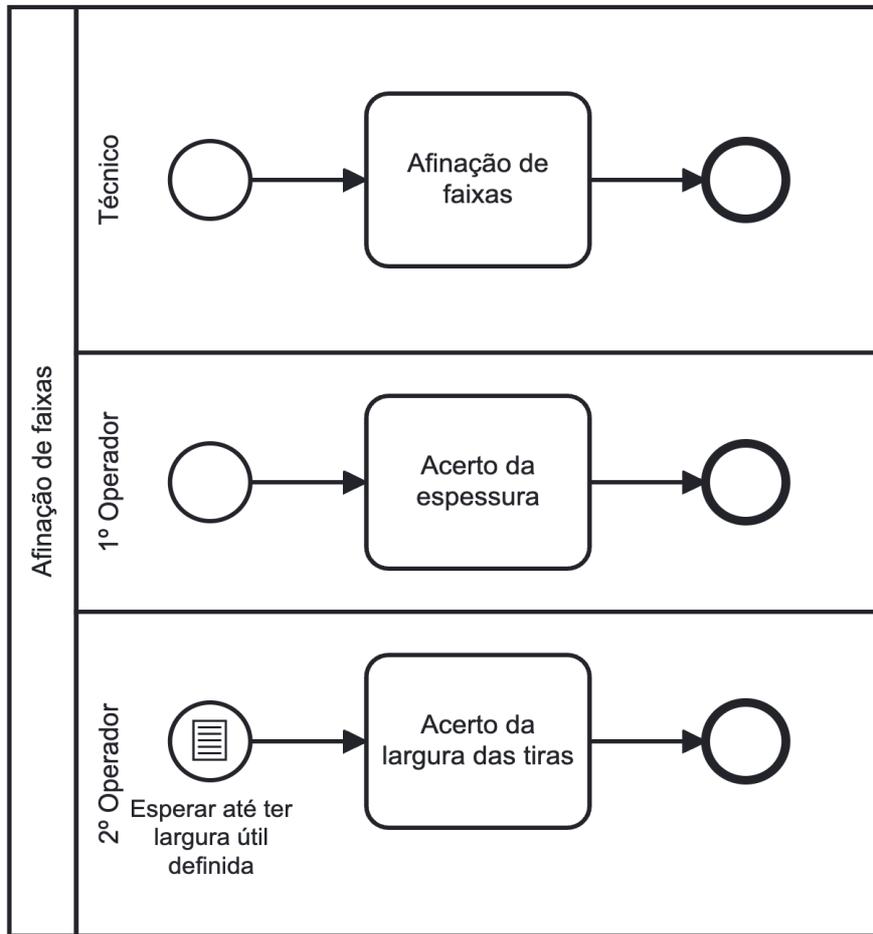


Figura 36 - BPMN - Afinação de Faixas

# APÊNDICE 11 – DIAGRAMA BPMN – APROVEITAR A MÁQUINA

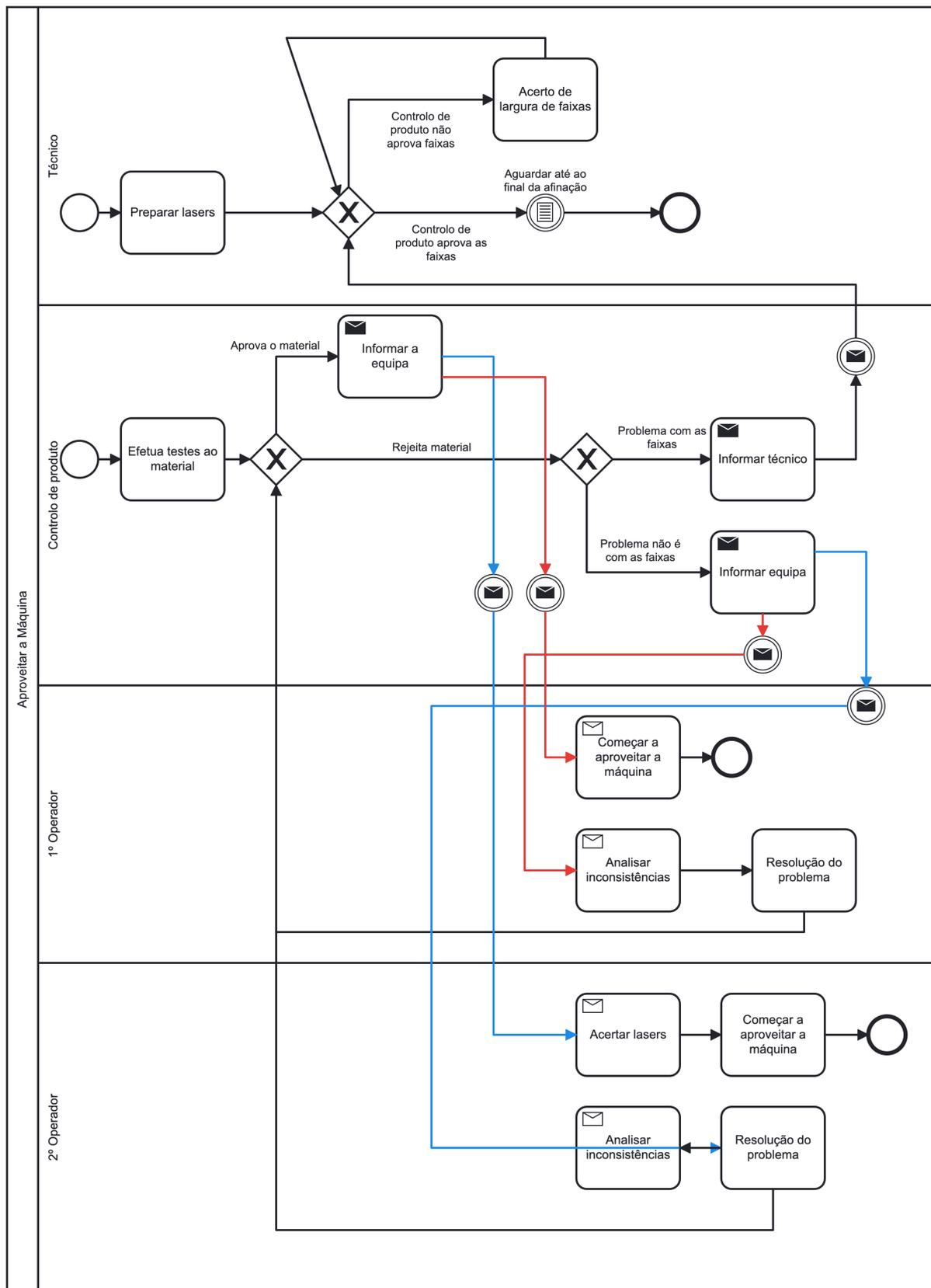


Figura 37 - BPMN - Aproveitar a Máquina

## APÊNDICE 12 – DIAGRAMA ISHIKAWA – INEFICIÊNCIAS EX14

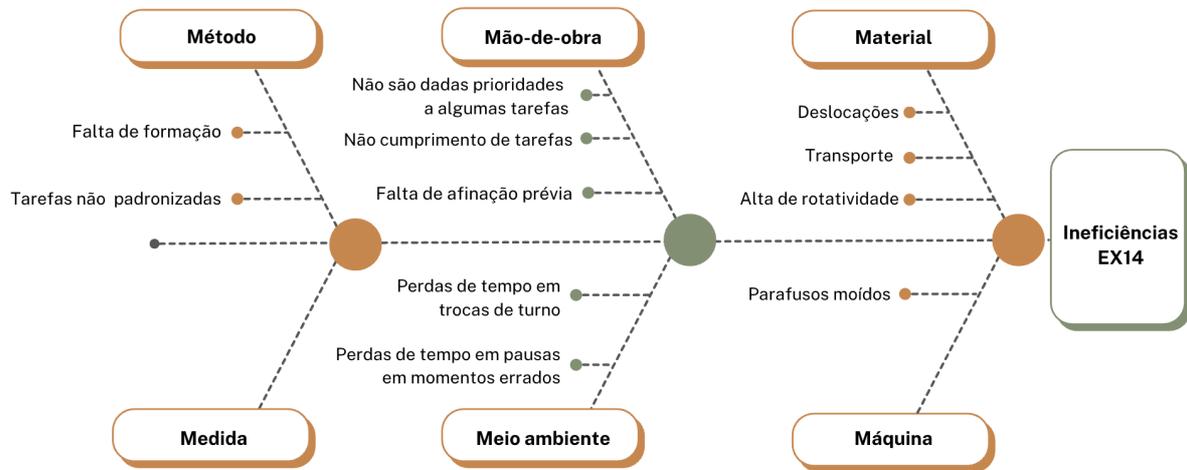


Figura 38 - Diagrama *Ishikawa* - Ineficiências EX14

## APÊNDICE 13 – TEMPLATE DE ACOMPANHAMENTO DAS MELHORIAS

Teste Otimização - dd/mm  
Mudança de Feira

Legenda: (\*\*) - Tarefa otimizada a analisar

Grupo	Operador	Tarefas	Tempo	Observações
Antes da mudança	1º	Colocar fieira a aquecer Pedir pigmentos e componentes da OP seguinte Controlar quantidade de matéria-prima puxada Criar receita no sistema AZO Criar receita no sistema de silos		
	2º	Preparar materiais de embalagem Limpar pigmento dos balseiros** Preparar balseiros da produção seguinte** Limpar Sistema de Abastecimento (1º Piso)**		
	MAN	Retirar Fieira da Zona de Aquecimento e colocar almofadas **		
Paragem de máquina	1º	Extrudir até limpar cor Parar máquina Purgar a máquina com cristal		
	2º	Parar bobinador Terminar embalagem Baixar acumulador Acumular material para enfiamento na calandra Levantar lâminas Passar material para um mandril Retirar material (Cabeços) Descarregar receita do bobinador Cobrir calandras**		
	TÉCNICO	Descarregar pigmento das balanças para sacos**		
Limpeza	1º	Verificar e informar 2º Operador acerca da troca de filtros		
	2º	Troca de sem-fim Limpar doseadores de pigmento		
Mudança de fieira	1º	Priorizar tarefas de preparação de máquina**		
	2º	Auxílio a outras equipas: pigmentos, bobinador e serviço de manutenção		
	MAN	Mudança de Feira		
Preparação arranque	1º	Introduzir parâmetros da FT (temperaturas...) Introduzir OP no terminal dos silos Afinar lábio Mudar receita nova Apertar parafusos dos calços enquanto a máquina purga Verificar esp. saída da fieira e apertar/desapertar parafusos Tirar cobertores das calandras, arrumar e limpar Puxar material das calandras à frente Purga para arranque Limpar o lábio Puxar a calandra mais perto da fieira		

Figura 39 - Template de Acompanhamento das Melhorias (Pág. 1/2)

Preparação arranque	2º	Ajuda no processo de limpeza do lábio Troca de filtros Retira filtros antigos Tirar cobertores das calandras, arrumar e limpar**		
Arranque de máquina	1º	Limpar lábio, arrancar e fazer emenda		
	2º	Ligar bobinador Colocar acumulador em automático Manter linha esticada e seguir emenda		
Afinação de máquina	1º	Afinas calandras e colocar extrusoras à velocidade Fazer afinação do laminado Ligar pigmentos		
	2º	Fechar puxo Limpar e fechar desgaseificadores Pôr as lâminas de tiras a cortar Dividir material Bobinadores em automático		
Afinação das faixas	1º	Afinação da espessura		
	2º	Acerto da largura		
Aproveitar material	1º	Começar a aproveitar a máquina		
	2º	Preparar lasers e acertar após afinação da fieira		

Figura 40 - *Template* de Acompanhamento das Melhorias (Pág. 2/2)

## ANEXO 1 – ORGANIGRAMA INTRAPLÁS

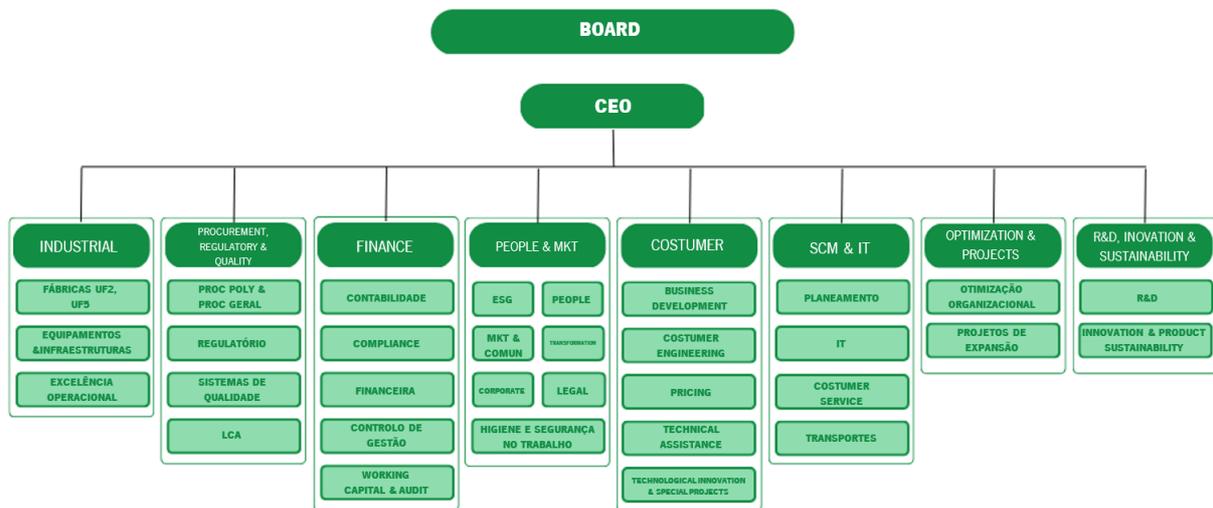


Figura 41 - Organograma Intraplás

