



FÁBIO MIGUEL SILVA VIEIRA

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Melhoria de Processos Utilizando Metodologias *Lean* no Setor Avícola

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
setembro, 2021

Melhoria de Processos Utilizando Metodologias *Lean* no Setor Avícola

FÁBIO MIGUEL SILVA VIEIRA

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos, Professora
Associada,
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes, Professora As-
sociada com Agregação,
Universidade Nova de Lisboa

Vogais: Radu Godina, Professor Auxiliar Convidado,
Universidade Nova de Lisboa
Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos, Professora Associada,
Universidade Nova de Lisboa

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
setembro, 2021

Melhoria de Processos Utilizando Metodologias *Lean* no Setor Avícola

Copyright © FÁBIO MIGUEL SILVA VIEIRA, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores da empresa que estiveram sempre disponíveis para me apoiar durante todo o estágio, em particular ao Eng. Filipe e à Eng^a. Maria João que me acompanharam mais de perto. Não poderia deixar de agradecer aos responsáveis, Rui, Carla, Daniela, Miguel, Sandra, Sabrina, Inês, Susana, Ana, Pedro, Castanho, Ana Costa, Pedro, Pepê e Ricardo que me integraram nas diferentes secções da empresa, aos operadores de linha que estiveram mais de perto, Rita, Miguel, Zulmira, Carla, Sónia, Dipesh, Deepa, Sapan, Emil, Suzi, Liliana, Manzura, Ana, Rodrigo, Beatriz e Xavier, que estiveram sempre disponíveis para me ajudar e esclarecer e por fim às estagiárias Rute e Antónia por serem incríveis e me terem apoiado muito.

À Professora Ana Sofia Matos por toda a disponibilidade e dedicação.

Um agradecimento especial aos meus pais, irmão e avós por todo o apoio e amor durante toda a minha vida que foi a minha base para aquilo que sou hoje.

À minha namorada que me fez crescer em sentidos que estariam fora do meu alcance e a todo o apoio e presença constante que teve durante estes últimos anos e que certamente, em breve, será da minha família.

À family mais próxima por estarem sempre presentes: Catarina Ladeira, Sofia Madaleno, Filipa Martins, Margarida Cinca e Rita Pereira.

Aos meus amigos, um obrigado por me fazerem sentir sempre bem e pelos momentos partilhados: Gonçalo Lopes, Sofia Alves, Pedro Sousa, Pipa, Ana Rita, Inês Gomes, Rim Housni, Diogo Rosa, João Alexandre, André Pimenta, Adriana Alves, Carolina Cintra, Inês Gouveia e Isabel Snape,

Um agradecimento a todas pessoas que contribuíram para o meu bem-estar ao longo desta caminhada.

RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido em uma das maiores empresas do setor avícola a nível nacional. Apesar da sua quota de mercado ser elevada, esta ainda está pouco desenvolvida, pois ainda exige elevados esforços dos operadores, apresenta desperdícios nos processos e falta de gestão e organização das equipas da produção. Deste modo, surgiu a oportunidade de integrar um projeto de melhoria contínua implementando metodologias *lean* nos processos produtivos, com o objetivo de resolver os problemas anteriormente apresentados.

Inicialmente, procedeu-se à análise dos problemas das linhas de produção para posteriormente estudar soluções que tivessem um ganho real tanto para a produtividade das linhas de produção como também para as posturas dos operadores. Foi possível também desenvolver ferramentas, como é o caso dos eventos *kaizen* e da gestão visual que vão contribuir para que seja possível melhorar continuamente os processos.

A revisão da literatura sobre as metodologias *lean*, com destaque para o modelo dos 3M's, o *kaizen*, os 5S, e a ergonomia, foram cruciais para o estudo dos processos produtivos e para a apresentação de soluções para estes.

Ao longo do documento são apresentadas diferentes soluções para os sistemas de abastecimento das linhas de produção, que têm um impacto direto na produtividade dos processos e na ergonomia dos sistemas e também uma solução que integra várias secções da empresa com o objetivo de melhorar a produtividade de um único processo. Algumas destas soluções foram implementadas e tiveram resultados positivos, enquanto outras não foram possíveis de implementar devido á falta de tempo e meios, no entanto, foram apresentadas aos responsáveis da empresa e algumas serão certamente implementadas no futuro.

Palavas-chave: *Lean Manufacturing, Muda, 5S, Kaizen, Ergonomia*

ABSTRACT

This study was developed in one of the largest companies in the poultry sector at the national level. Although its market share is high, it is still underdeveloped, as it still requires high efforts from operators, has wastes in the processes and a great lack of management and organization of production teams. Thus, the opportunity arises to integrate a continuous improvement project by implementing lean methodologies in production processes, in order to solve the problems previously presented.

Initially, the problems of the production lines were analysed and later studied solutions that had a real gain for the productivity of the production lines as well as for the working conditions of the operators. It was also possible to develop tools, such as kaizen events and visual management that will contribute to the continuous improvement of processes.

The literature review on lean methodologies, with emphasis on the 3M's model, kaizen, and 5S, and ergonomics, were crucial for the study of production processes and for the presentation of solutions for them.

Throughout the document, different solutions for the supply systems of the production lines are presented, which have a direct impact on the productivity of processes and on the ergonomics of workers, as well as a solution that integrates various sections of the company in order to improve the productivity of a single process. Some of these solutions were implemented and had positive results, while others were not possible to implement due to lack of time and means, however, they were presented to the company's managers, and some will certainly be implemented in the future

Keywords: Lean Manufacturing, Muda, 5S, Kaizen, Ergonomics

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABELAS.....	XVII
SIGLAS	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	1
1.2. PROBLEMA E OBJETIVOS.....	2
1.3. ABORDAGEM E CONTRIBUIÇÕES.....	2
1.4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	3
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1. LEAN MANUFACTURING	5
2.1.1. Muda, Mura e Muri (3M's)	6
2.1.2. Ferramentas do LM	8
2.2. ERGONOMIA NOS PROCESSOS	14
3. ESTUDO DE CASO - PROCESSOS PRODUTIVOS	19
3.1. UNIDADE EM ESTUDO	19
3.1.1. Secção de abate.....	20
3.1.2. Secção da desmancha	20
3.1.3. Secção dos marinados e do churrasco	21
3.1.4. Secção da embalagem	21
3.1.5. Secção dos congelados	21
3.1.6. Equipas de apoio à produção e de controlo	21
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS.....	22
3.3. LINHA DE EMBALAGEM TERMOFORMADORA	22
3.3.1. Descrição das Atividades do Processo de Embalamento.....	24
3.4. LINHA DE EMBALAGEM A.....	26
3.4.1. Descrição das Atividades do subprocesso I	27
3.5. LINHA DE EMBALAGEM EM ATP.....	27

3.5.1.	<i>Descrição das Atividades do Processo de Embalamento</i>	29
3.6.	LINHA DE EMBALAGEM B	30
3.7.	EVENTO KAIZEN E GESTÃO VISUAL.....	30
4.	ESTUDO DE CASO - ANÁLISE E PROPOSTAS DE MELHORIA	33
4.1.	LINHA DE EMBALAGEM TERMOFORMADORA	33
4.1.1.	<i>Problemas de constrangimento na linha de produção</i>	33
4.1.2.	<i>Propostas de melhoria para os problemas de constrangimento</i>	37
4.1.3.	<i>Análise da linha termoformadora</i>	42
4.1.4.	<i>Pequenas Melhorias</i>	45
4.2.	LINHA DE EMBALAGEM A.....	46
4.2.1.	<i>Problema linha de embalagem A</i>	46
4.2.2.	<i>Solução para o subprocesso I</i>	47
4.2.3.	<i>Oportunidades de melhoria</i>	48
4.3.	LINHA DE EMBALAGEM EM ATP	49
4.3.1.	<i>Oportunidades de melhoria</i>	49
4.3.2.	<i>Elaboração dos 5S</i>	53
4.4.	LINHA DE EMBALAGEM B.....	53
4.4.1.	<i>Proposta e solução para o subprocesso I</i>	53
4.5.	EVENTO KAIZEN.....	55
4.6.	GESTÃO VISUAL	57
5.	CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES	59
5.1.	CONCLUSÕES.....	59
5.2.	LIMITAÇÕES.....	60
	BIBLIOGRAFIA.....	63
	ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - ESQUEMA DA METODOLOGIA DO ESTUDO	3
FIGURA 1.2 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
FIGURA 2.1 - RELAÇÃO DOS 3M's	8
FIGURA 2.2 - INTER-RELAÇÃO DOS 5S	10
FIGURA 2.3 - LIMITES RECOMENDADOS PARA LEVANTAMENTO DE CARGAS POR ALTURA	16
FIGURA 2.5 - ROTAÇÃO DO TRONCO	17
FIGURA 2.4 - RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA DAS MÃOS À BASE DA COLUNA E A CAPACIDADE DO INDIVÍDUO	17
FIGURA 3.1 - ORGANOGRAMA DA EMPRESA	19
FIGURA 3.2 - FLUXOGRAMA DA SECÇÃO DE ABATE	20
FIGURA 3.3 - LINHA CRONOLÓGICA DO PROJETO	23
FIGURA 3.4 - LINHA TERMOFORMADORA	23
FIGURA 3.5 - FLUXOGRAMA DE PROCESSO DA LINHA TERMOFORMADORA	25
FIGURA 3.6 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DA LINHA DE EMBALAGEM A	26
FIGURA 3.7 - FLUXOGRAMA DE PROCESSO DA LINHA DE EMBALAGEM EM ATP	28
FIGURA 3.8 - FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DA LINHA DE EMBALAGEM B	30
FIGURA 4.1 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA DA LINHA TERMOFORMADORA	34
FIGURA 4.2 - REPRESENTAÇÃO DA FALTA DE ESPAÇO	35
FIGURA 4.3 - DIAGRAMA DE ESPARGUETE ATUAL	35
FIGURA 4.4 - ABASTECIMENTO NA TERMOFORMADORA	36
FIGURA 4.5 - CORREDOR ENTRE A TERMOFORMADORA E A LINHA VIZINHA	37
FIGURA 4.6 - DIAGRAMA DE ESPARGUETE FUTURO	38
FIGURA 4.7 - SISTEMA DE ABASTECIMENTO FRONTAL	39
FIGURA 4.8 - OPERAÇÃO COM ABASTECIMENTO FRONTAL	39
FIGURA 4.9 - VISTA LATERAL DO SISTEMA DE TAPETE DE ROLOS	40
FIGURA 4.10 - VISTA ISOMÉTRICA DO SISTEMA DE TAPETE DE ROLOS	40
FIGURA 4.11 - VISTA LATERAL DO SISTEMA DE TULHA	41
FIGURA 4.12 - VISTA ISOMÉTRICA DO SISTEMA DE TULHA	41
FIGURA 4.13 - FLUXO DE INFORMAÇÃO PROPOSTO	41
FIGURA 4.14 - 5S DA LINHA TERMOFORMADORA (SOLUÇÃO ATUAL)	43
FIGURA 4.15 - 5S DA LINHA TERMOFORMADORA (SOLUÇÕES PROPOSTAS)	43
FIGURA 4.16 - MAQUETE DA SIMULAÇÃO	44
FIGURA 4.17 - SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO	44
FIGURA 4.18 - MÁQUINA, NO FIM DO TURNO, ANTES DAS ALTERAÇÕES	45
FIGURA 4.19 - MÁQUINA, NO FIM DO TURNO, DEPOIS DAS ALTERAÇÕES	45
FIGURA 4.20 - LIMPEZA DOS TAPETES DEPOIS DAS ALTERAÇÕES	46

FIGURA 4.21 - LIMPEZA DOS TAPETES ANTES DAS ALTERAÇÕES	46
FIGURA 4.22 - REPRESENTAÇÃO DO SUBPROCESSO I	47
FIGURA 4.23 - SISTEMA PROPOSTO PARA A LINHA DE EMBALAGEM A	48
FIGURA 4.24 - SISTEMA PROPOSTO IMPLEMENTADO.....	48
FIGURA 4.25 - ROTAÇÃO PELA MARGEM MAIS LARGA	50
FIGURA 4.26 - ROTAÇÃO PELA MARGEM MAIS CURTA	50
FIGURA 4.27 - SISTEMA PROPOSTO A	50
FIGURA 4.28 - SISTEMA PROPOSTO B	50
FIGURA 4.29 - PRODUTIVIDADE E AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DO ESTUDO DA ASA	51
FIGURA 4.30 - ESTADO ATUAL DA DESMANCHA DA ASA	52
FIGURA 4.31 - DISTRIBUIÇÃO DAS CAIXAS E PALETES DE ASA.....	52
FIGURA 4.32 - ESTADO FUTURO DA DESMANCHA DA ASA.....	52
FIGURA 4.33 - 5S DA LINHA DE EMBALAGEM EM ATP	53
FIGURA 4.34 - ESTADO ATUAL DA LINHA DE EMBALAGEM B	53
FIGURA 4.35 - SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE ABASTECIMENTO DA LINHA DE EMBALAGEM B	54
FIGURA 4.36 - MAQUETE DO SISTEMA PROPOSTO PARA A LINHA DE EMBALAGEM B	54
FIGURA 4.37 - LINHA DE EMBALAGEM (ANTES DAS ALTERAÇÕES).....	55
FIGURA 4.38 - LINHA DE EMBALAGEM (ESTADO ATUAL)	55
FIGURA 4.39 - QUADROS DE AVALIAÇÃO DAS LINHAS (NOVO E ANTIGO).....	57
FIGURA 4.40 - ESPECIFICAÇÕES LINHA DE EMBALAGEM EM ATP	58
FIGURA 4.41 - ESPECIFICAÇÕES LINHA DE EMBALAGEM TERMOFORMADORA.....	58
FIGURA A 1 - VSM TERMOFORMADORA.....	71

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - PERCENTIS DA POPULAÇÃO ADULTA (5º E 95º PERCENTIS).....	15
TABELA 2.2 - RECOMENDAÇÕES PARA O LEVANTAMENTO DE CARGAS COM MÚLTIPLOS OPERADORES.....	17
TABELA 4.1 - TEMPO GASTO ATÉ AO DETETOR DE METAIS.....	35
TABELA 4.2 - TEMPO DESPENDIDO PARA A MOVIMENTAÇÃO	39
TABELA 4.3 - TEMPO POUPADO DEPOIS DAS ALTERAÇÕES	39
TABELA 5.1 - RESUMO DAS MELHORIAS ESTUDAS PARA AS LINHAS DE PRODUÇÃO	61

Siglas

3M's – *Muda, Mura e Muri*

3S – *Seiri, Setion, Seiso*

5S – *Seiri, Setion, Seiso, Seitketsu, Shitsuke*

ATP - Adenosina Trifosfato

D – Distância percorrida

HSE – Health and Safety Executive

KPI's – *Key Performance Indicators*

LM – *Lean Manufacturing*

FIFO – *First In First Out*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

TPS – Toyota Production System

VSM – *Value Stream Mapping*

INTRODUÇÃO

No presente capítulo ir-se-á proceder à contextualização do estudo em causa, focando essencialmente nos mercados atuais e na indústria alimentar, e à definição dos objetivos a atingir. Posteriormente é apresentada a metodologia a seguir para atingir os objetivos apresentados anteriormente. Por fim, será apresentada a organização do documento.

1.1. Contexto e motivação

Atualmente as indústrias e os serviços têm de ser flexíveis o suficiente para conseguir continuamente responder às necessidades dos clientes enquanto lutam com a elevada concorrência presente no mercado. A satisfação do cliente só pode ser atingida se o produto for entregue com qualidade, no momento certo e a um preço justo (Palange & Dhatrak, 2021).

O setor da indústria alimentar, que tem um papel de extrema importância na economia mundial, atravessa alguns desafios, entre eles, lidar com grandes empresas de retalho que exigem uma grande variedade de produtos e reduções de preços, e devido à natureza dos produtos exigem prazos de entrega cada vez mais curtos (Costa et al., 2018). Para além disso, a Comissão Europeia afirma que o setor da alimentação na Europa é pouco competitivo comparativamente com o setor no Norte da América e na Austrália. Esta ineficiência tem causado um impacto negativo na economia europeia (Dora et al., 2013).

Os últimos anos têm demonstrado que a população em geral está preocupada com a segurança da alimentação. Diversos estudos e a pandemia da COVID-19 estão a revelar que o setor da indústria alimentar não está preparado para responder às necessidades da sociedade (Klerkx & Begemann, 2020). Urge assim a necessidade de implementar tecnologias e práticas que adotem os conceitos da sensibilidade, da inteligência e da sustentabilidade visto que estas irão ter um impacto positivo nas condições de vida da sociedade (Miranda et al., 2019).

O *Lean Manufacturing* (LM) é uma prática que procura eliminar os desperdícios de modo a acrescentar valor ao produto ou serviço para o cliente (Dora & Gellynck, 2015). Esta prática tem tido um grande impacto nas mais variadas perspetivas económicas e operacionais, como é o caso do lucro, da qualidade e dos custos. Para além disso, é cada vez mais necessário compreender os impactos sociais e ambientais (Henao et al., 2019).

Neste estudo irá ser abordada uma empresa do setor avícola que devido à pandemia da Covid-19 teve quebras na produção e agora procura aumentar a produtividade, reduzindo custos e desperdícios. Serão implementadas metodologias *lean* e em conjunto com os operadores e responsáveis da empresa irão ser apresentados ganhos reais, tanto na produtividade como também na melhoria das posturas dos mesmos.

1.2. Problema e objetivos

A presente dissertação tem como objetivo a apresentação de pontos de melhoria e sugestões de implementação para as operações nas linhas de produção, tanto a nível de produtividade como também a nível das posturas dos operadores, a partir de metodologias *lean* como os 5S e o *kaizen*, numa empresa do setor avícola.

Deste modo, este estudo pretende dar resposta a três questões:

- Que desperdícios se podem encontrar nas linhas de produção e como se podem eliminar?
- Como se pode melhorar a ergonomia no trabalho?
- Como se pode aumentar a produtividade dos processos?

1.3. Abordagem e contribuições

De modo a concretizar os objetivos anteriores, a presente dissertação foi desenvolvida em sete etapas, que estão representadas na figura 1.1, e estas estão divididas em duas fases. A primeira refere-se à fase de projeto e a segunda refere-se à fase da dissertação.

1ª Etapa – Definição do tema e dos objetivos

Esta etapa consiste na apresentação do tema e dos objetivos da presente dissertação.

2ª Etapa – Revisão da literatura

Esta etapa consiste na revisão da literatura de temas relacionados com o *lean manufacturing* e uma breve revisão bibliográfica da ergonomia.

3ª Etapa – Caracterização da empresa e metodologias

A terceira etapa consiste numa breve caracterização da empresa, mais concretamente acerca das suas secções e das hierarquias e uma breve caracterização das metodologias a aplicar no estudo de caso.

4ª Etapa – Identificação dos problemas e recolha de dados

Nesta etapa procede-se à análise dos problemas dos processos produtivos tendo em conta os conceitos *lean* apresentados anteriormente e à identificação de oportunidades de melhoria.

5ª Etapa – Proposta e implementação de soluções

A quinta etapa consiste na apresentação de soluções para os problemas caracterizados anteriormente.

6ª Etapa – Análise dos resultados obtidos

Nesta etapa procede-se à análise do impacto das propostas e soluções, apresentadas anteriormente, na produtividade dos processos produtivos.

7ª Etapa – Limitações e conclusões

A última etapa consiste na apresentação das limitações e conclusões da dissertação

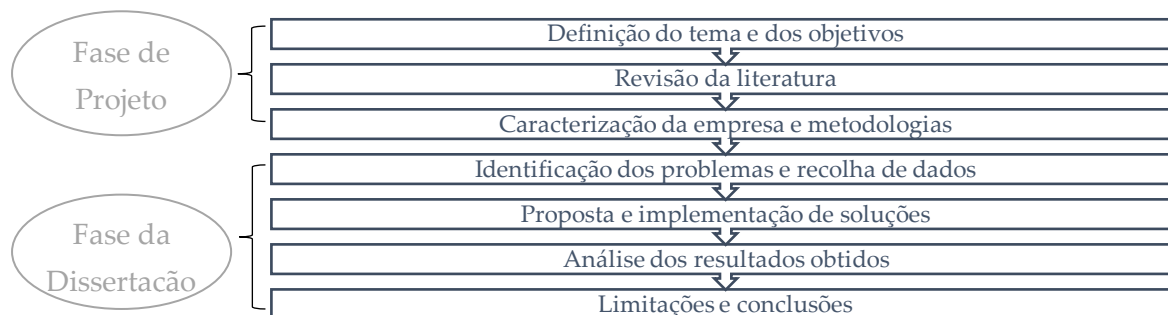


Figura 1.1 - Esquema da metodologia do estudo

1.4. Organização do documento

O presente documento está dividido em cinco secções, incluindo o atual que já foi descrito anteriormente. O segundo capítulo diz respeito à revisão da literatura. Os capítulos terceiro e quarto dizem respeito às metodologias utilizadas e resultados (com os problemas e oportunidades de melhorias), respetivamente. Por fim, no quinto capítulo encontram-se as limitações e conclusões do presente documento.

Na figura 1.2 está ilustrada a estrutura do documento com os principais assuntos de cada secção.



Figura 1.2 - Estrutura da dissertação

Revisão da Literatura

O presente capítulo tem como objetivo integrar as temáticas referidas ao longo deste documento com factos apresentados pela comunidade científica. Inicialmente ir-se-á proceder à revisão de literatura do *lean manufacturing* e do modelo dos 3M's. De seguida, são descritas algumas das ferramentas de *lean* relevantes para o caso de estudo apresentado. No último subcapítulo, ir-se-á realizar uma breve revisão ao conceito de ergonomia para posteriormente se integrar as posturas dos operadores com as alterações realizadas no chão de fábrica.

2.1. *Lean Manufacturing*

No fim da Segunda Guerra Mundial os japoneses não tinham o capital, a matéria-prima e os recursos humanos necessários para reconstruir o país. É a partir deste momento que é apresentada pela Toyota uma nova abordagem. Esta abordagem tinha como principal característica a redução dos custos através da diminuição das atividades de valor não acrescentado, ou seja, desperdício (Bhamu & Singh Sangwan, 2014; Zahraee, 2016).

O presidente da Toyota Motor Company naquela época, Kiichiro Toyoda, verificou que os produtores de automóveis americanos conseguiam produzir dez vezes mais que a sua empresa. De modo a responder a esta diferença, Kiichiro Toyoda, Shigeo Shingo e Taiichi Ohno desenvolveram um sistema novo e com regras, conhecido hoje como o “Toyota Production System” (TPS), ou “*Lean Manufacturing*” (LM) (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

O conceito de LM foi originalmente inventado por Krafcik em 1988 para descrever o TPS e ficou mundialmente conhecido em 1990 quando Womack publicou o livro “*The Machine that Changed the World*”. O ponto chave deste conceito era eliminar todas as atividades de valor não acrescentado, com o objetivo de fazer mais com menos, ou seja, menos esforço humano, menos inventários, menos tempos de processamento e menos transportes. A finalidade do *lean* é satisfazer todos os *stakeholders* a partir de melhores soluções para os processos (grupos de interesse), como acionistas, investidores, fornecedores e funcionários (Bittencourt, V. L. et al., 2020; Morales-Contreras et al., 2020).

Em 1996, Womack e Jones identificaram cinco princípios do *lean*, que transformam práticas problemáticas em fluxos de produtos e serviços bem organizados. Para se poder utilizar todo o potencial do pensamento *lean* é necessário compreender estes cinco princípios.

- **Definir o valor** – O valor é criado pelo fabricante e apenas pode ser definido pelo cliente. Este deve ser expresso num bem ou serviço e terá um custo específico num determinado período de tempo, de modo a corresponder às necessidades do cliente. É extremamente importante definir as capacidades do produto e oferecendo-o a um preço definido entre o fabricante e o consumidor. Especificar o valor com precisão é o primeiro passo para o pensamento *lean*.
- **Identificar a cadeia de valor** – A cadeia de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para fornecer um bem ou serviço. Na análise da cadeia de valor encontram-se três tipos de atividades: Atividades que criam valor, como por exemplo a transformação de um produto; atividades que não criam valor, mas não podem ser evitadas, como por exemplo inspeções para assegurar a qualidade; e atividades que não criam valor e podem ser evitadas.
- **Otimizar o fluxo** – No fim de especificar o valor, identificar a cadeia de valor e de eliminar as atividades que representam desperdício, pode-se otimizar o fluxo das restantes atividades. É necessário redefinir o trabalho e os departamentos de modo a criar um fluxo de produção contínuo.
- **Implementar o sistema Pull (puxar)** – Este princípio do pensamento de *lean* dá preferência à produção baseada no pedido do cliente, em vez de em previsões, no entanto, nem sempre esta condição é possível, pelo que os fabricantes acabam por produzir mais produto do que aquele que é necessário, contribuindo assim para o desperdício. O objetivo deste sistema é o cliente “puxar” o valor da empresa, produzindo a quantidade necessária, no período de tempo necessário, de modo a reduzir os stocks e a quantidade de produto nos processos.
- **Procura pela perfeição** – O maior estímulo para a perfeição é a transparência do sistema, ou seja, a informação tem de fluir entre gestores, distribuidores, consumidores e funcionários. Deste modo, é possível compreender as necessidades e os interesses de todas as partes podendo assim a organização melhorar continuamente. Para que o sistema seja perfeito é necessário haver zero defeitos e zero desperdício (Womack, 1996; Vlachos, 2015; Morales-Contreras et al., 2020).

Atualmente, o nível de exigência do consumidor final é cada vez mais significativo, pelo que as organizações têm de planear e controlar melhor as suas produções, tornando-as mais complexas. Cada vez mais é necessário haver sistemas flexíveis, ou seja, sistemas que sejam revistos continuamente e ajustados à produção requisitada no momento. Os governos e as entidades reguladoras também têm pressionado muito as organizações devido aos problemas ambientais no planeta, pelo que estas têm de maximizar a eficiência da matéria-prima e da energia (Bhamu & Singh Sangwan, 2014; Caldera et al., 2017; Morales-Contreras et al., 2020).

2.1.1. Muda, Mura e Muri (3M's)

Tal como foi referido anteriormente, um dos focos do *lean* é a eliminação de desperdício e é aqui que entra o modelo dos 3M's (Muda, Mura e Muri), apresento pela TPS. Muda é uma palavra de origem japonesa que significa desperdício. Esta pode ser descrita como qualquer

atividade humana que absorva recursos, mas não crie valor para o consumidor (Morales-Contreras et al., 2020).

Em 1978, o administrador da Toyota, Taiichi Ohno, identificou sete tipos de *muda* e considerou que uma empresa só pode ser completamente eficiente se conseguir ter zero desperdício. Os desperdícios podem ser definidos nas seguintes categorias:

- Sobreprodução
- Espera
- Transporte
- Sobre processamento
- Inventário desnecessário
- Movimentação desnecessária
- Defeitos

A sobreprodução ocorre quando um produto é produzido sem ser requisitado. Os produtos podem se deteriorar e podem ser geradas pressões artificiais no trabalho. Normalmente, este desperdício resulta em stocks excessivos.

O desperdício de espera ocorre quando o tempo não é utilizado eficientemente, ou seja, quando os produtos estão parados ou não estão a ser transformados. Este desperdício também pode ser causado por manutenções, falta de matéria-prima ou programações. Os tempos de espera para os operadores devem ser usados em formações ou atividades *kaizen*.

O desperdício de transporte envolve o movimento de pessoas, produtos ou ferramentas que sejam desnecessários. No limite, o transporte é sempre um desperdício, por isso, este tem de ser reduzido ao máximo. O transporte excessivo pode deteriorar o produto e quanto maior a distância entre processos, mais difícil é tomar ações corretivas.

O sobre processamento ocorre quando são encontradas soluções demasiado complexas para procedimentos simples, ou seja, quando é realizado mais trabalho do que aquele que é necessário ou quando são incluídos mais componentes num processo do que aqueles que são necessários.

Os inventários excessivos tendem a aumentar o tempo de entrega e dificultam a identificação de problemas e desencorajam a comunicação. Estes também aumentam o custo de posse e diminuem a competitividade de uma empresa.

Os movimentos desnecessários envolvem os movimentos ergonómicos numa produção, ou seja, movimentos como esticar, dobrar ou levantar realizados pelos operadores, que podem ser evitados. Estes tipos de movimentos causam fadiga nos operadores resultando em menores produtividades e em pior qualidade do produto ou serviço.

Os desperdícios com defeitos causam custos diretos. De acordo com a filosofia *lean*, os defeitos devem indicar oportunidades de melhoria e devem ser utilizados como ferramentas para a atividade de *kaizen* (Hines & Rich, 1997; Womack, 1996).

Mais tarde, Shigeo Shingo demonstrou que a classificação de Taiichi Ohno era imprecisa, visto que as atividades que não criam valor para o consumidor final, podem não ser consideradas de *muda*, como é o caso das atividades que são necessárias para o processo, como por exemplo as inspeções. Estas são realizadas para garantir a segurança.

Atualmente, pode-se verificar que parte dos desperdícios classificados por Ohno ainda são encontrados nas organizações. Simultaneamente, verifica-se que novos tipos de desperdícios venham a emergir devido ao uso de tecnologias e novos métodos de trabalho utilizados, como por exemplo, reuniões ineficientes e distrações tecnológicas (Suárez-Barraza et al., 2016).

Os 3M's estão interligados entre si, tal como está representado na figura 2.1. Os desperdícios apresentados anteriormente fazem parte do *muda*, ou seja, representam as atividades de valor não acrescentado (desperdício).

O *mura* representa a variabilidade do sistema. Esta variabilidade resulta de uma produção irregular ou flutuação da produção devido a problemas, como a falta de material ou defeitos, ou seja, por um lado há falta de trabalho para os operadores e máquinas que estão disponíveis e por outro há excesso de trabalho para a capacidade dos mesmos.

O *muri* representa a sobrecarga dos operadores ou dos equipamentos. A sobrecarga dos operadores resulta em problemas de segurança e de qualidade e a sobrecarga dos equipamentos resulta em falhas nestes e defeitos no produto.

Deste modo, pode-se concluir que o *muri* representa o oposto do *muda* e a existência de *mura* tem como consequência o *muda*. Normalmente, a presença de desperdício e de sobrecarga leva naturalmente à presença de variabilidade no sistema (Liker, 2004).

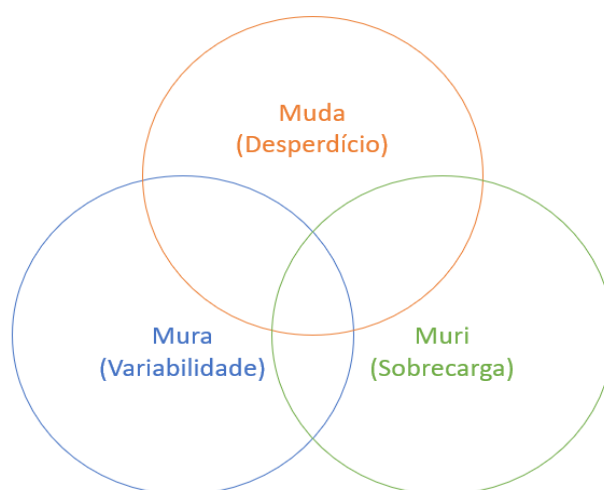


Figura 2.1 - Relação dos 3M's
(Adaptado de Liker, 2004)

2.1.2. Ferramentas do LM

O LM apresenta um conjunto de ferramentas e práticas, que contribuem para o bom desenvolvimento de um sistema (Omogbai & Salonitis, 2017). Neste subcapítulo ir-se-á realizar uma revisão de literatura ao *kaizen*, à metodologia dos 5S, à gestão visual, ao diagrama de esparguete, ao *value stream mapping* e aos índices de desempenho

2.1.2.1. Kaizen

A filosofia “*Kaizen*” surge pela junção de duas palavras japonesas: “*Kai*” que significa mudança e “*Zen*” que significa melhor, ou seja, *Kaizen* significa mudança para melhor. Esta palavra simboliza os problemas e as dificuldades de cada dia e o modo como as pessoas os enfrentam. É possível rastrear este conceito na era Samurai, no século XIII e XIV no código

japonês Bushido. No entanto, mais recentemente, esta filosofia surgiu como resposta aos problemas enfrentados pela indústria japonesa durante a Segunda Guerra Mundial, como os escassos recursos e as dificuldades de obter matéria-prima. As empresas japonesas viram-se obrigadas a reduzir o desperdício de modo a aumentar as eficiências dos processos produtivos (Vo et al., 2019).

Inicialmente este conceito foi usado pela Toyota Motor Company com o objetivo de se tornarem mundialmente competitivos, a partir de pequenas mudanças, soluções de baixo custo, transferir o poder para os funcionários e pela implementação de pequenas melhorias com ênfase na melhoria do processo em vez do resultado (Kiran, 2020; Maarof & Mahmud, 2016).

O evento *kaizen*, mais conhecido como *kaizen event*, é um processo de melhoria que envolve tanto gestores como operadores, tendo impacto na cultura da organização, nos processos e na experiência. O objetivo destes eventos é tornar as operações mais eficientes removendo as atividades de valor não acrescentado na perspectiva do cliente (Habidin et al., 2018).

Estes eventos devem ter tido origem nos anos 70, com a implementação das metodologias *lean* na Toyota, no entanto só existe literatura da década de 90, quando esta ferramenta começou a ser popular no Estados Unidos da América (Farris et al., 2009)

Muitos estudos verificam que é difícil para as organizações sustentar os resultados do evento *kaizen* pelo que é necessário promover o desenvolvimento desta técnica. Um estudo concluiu que 27% dos eventos *kaizen* estudados, não conseguiram sustentar as melhorias. Outro estudo concluiu que as melhorias adotadas tendem a desaparecer num prazo de 6 meses depois do evento (Glover et al., 2011).

Este evento é um projeto focado na melhoria, que utiliza uma equipa dedicada para melhorar uma determinada área, num curto espaço de tempo (menos de uma semana). Este projeto integra-se nas técnicas de melhoria contínua e contribuiu para o desenvolvimento de uma cultura na organização de melhoria continua no longo prazo. As equipas do evento *kaizen* aplicam ferramentas de baixo custo para resolver os problemas de modo a planearem e implementarem melhorias rapidamente. Por um lado, desenvolve as capacidades e o conhecimento das pessoas, por outro melhora a qualidade e a análise dos processos (Farris et al., 2008; Glover et al., 2015).

Normalmente os objetivos do *kaizen* são mensuráveis. A produtividade, o espaço, tempos de *set-up*, não conformes e design do produto são métricas comuns. Estes eventos *kaizen* são desenhados para criar um ciclo de melhoria contínua (Doolen et al., 2008)

2.1.2.2. 5S

O sistema 5S foi concebido para reduzir o desperdício, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade através de um espaço de trabalho organizado e normalmente é a primeira ferramenta *lean* a ser implementada pelas empresas (Bayo-Moriones et al., 2010).

Os 5S são constituídos por cinco elementos, cada um começa com a letra “S” na língua japonesa: *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso da organização), *Seiso* (senso da limpeza),

Seitketsu (senso de padronização) e *Shitsuke* (senso da disciplina). A figura 2.2 demonstra a inter-relação destes elementos.

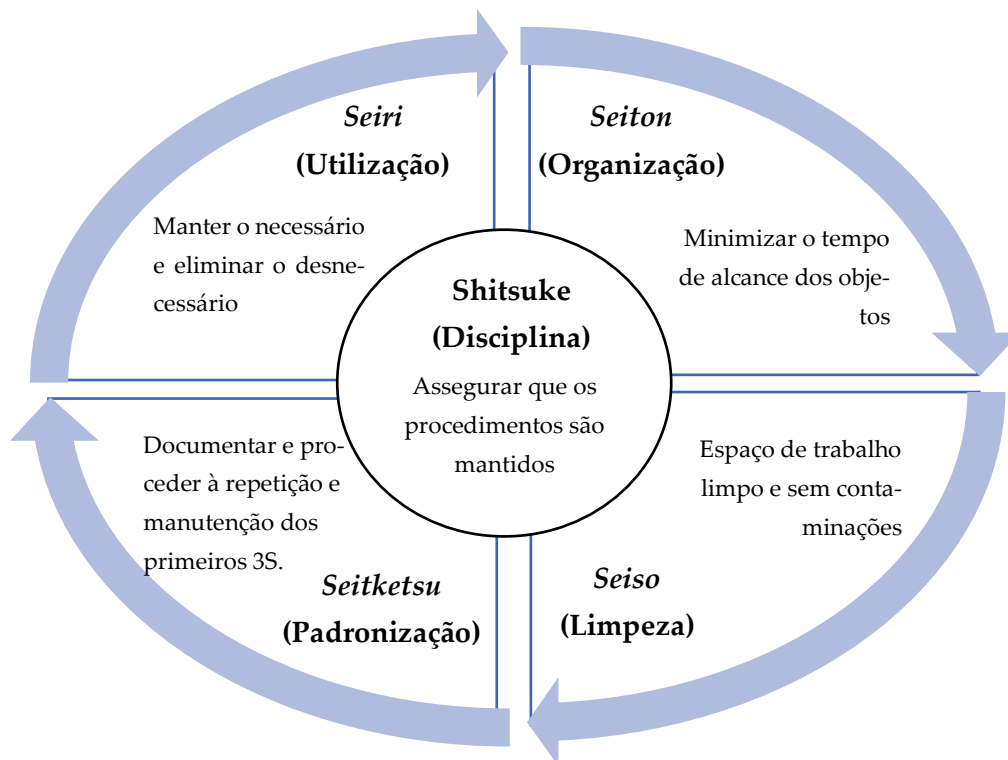


Figura 2.2 - Inter-relação dos 5S
Adaptado de Randhawa & Ahuja, 2017

O conceito dos 5S foi desenvolvido nos anos 80 por Takashi Osada, no Japão, tendo sido implementado na TPS. Na época o conceito tinha apenas três elementos, ou seja, 3S (*Seiri*, *Seiton*, *Seiso*) tendo sido evoluído para os cinco elementos em 1988 por Taiichi Ohno (Randhawa & Ahuja, 2017).

Atualmente os 5S, devido à sua eficácia, tem sido uma técnica muito popular no Japão e no ocidente para melhorar a organização dos espaços das empresas e das organizações e para desenvolver o pensamento. No entanto, as empresas têm visões diferentes para os 5S consoante a sua localização geográfica. Por um lado, as empresas japonesas, que já são muito familiares com o conceito, aplicam esta ferramenta como se fosse uma estratégia para atingir a excelência, por outro, as empresas ocidentais aplicam-na apenas para organização do espaço (Omogbai & Salonitis, 2017; Randhawa & Ahuja, 2017).

Esta ferramenta auxilia de variadas formas a melhoria de uma organização, como por exemplo, a melhoria da comunicação, a redução de erros repetitivos, a limpeza e a segurança do chão de fábrica, previne a perda de ferramentas, melhora a imagem da empresa e reduz movimentos desnecessários dos operadores. Por outro lado, existem alguns obstáculos na implementação desta ferramenta, como a falta de interesse por parte da gestão de topo e dos operadores, a falta de recursos, a falta de capacidade para mobilizar as equipas ou a falta de formação. Regularmente a gestão não compreende o verdadeiro objetivo desta ferramenta

pelo que a implementação e o desenvolvimento desta nem sempre é o mais apropriado (Bayo-Moriones et al., 2010).

2.1.2.3. Gestão Visual

A gestão visual é uma prática ou ferramenta para visualizar informação de gestão ou para dispor requisitos de modo a definir objetivos. É comum que esta informação seja exposta sob forma de gráficos e quadros, visto que facilita que a comunicação seja eficaz e eficiente. A partir desta comunicação é possível rapidamente passar as responsabilidades para as pessoas certas e destacar obstáculos que perturbam o sistema (Bateman, N. et al., 2016; Murata, K., 2019).

O objetivo da gestão visual consiste em reforçar os sistemas e melhorar a produtividade, a segurança, a qualidade e a eficiência de uma organização. Todas estas melhorias são controladas não só pelos gestores mas também pelos operadores de chão de fábrica (Knop, 2020).

Os primeiros usos de práticas de gestão visual, como as que se podem observar atualmente, tiveram início em meados da década de 40, quando a Toyota Production System estava em crescimento. O objetivo destas práticas era permitir que os supervisores pudessem confirmar rapidamente se os operadores estavam a seguir os procedimentos corretamente (Murata, K., 2019).

Podem-se verificar algumas barreiras na implementação da gestão visual, entre elas a resistência dos operadores (que rejeitam mudanças nas suas rotinas diárias), a cultura da organização (partilha de informação e transparência), a falta de apoio da gestão, a falta de recursos e a complexidade dos sistemas. Por outro lado, existem alguns fatores para o sucesso na implementação desta ferramenta como a implementação de projetos pilotos, ou seja, a introdução desta ferramenta numa área específica em vez de em toda a empresa; a consultoria externa, visto que esta muitas vezes tem mais credibilidade do que aqueles que pertencem à empresa; a formação, que é essencial para que todos os funcionários entendam as suas responsabilidades e procedimentos; a transferência de conhecimentos com outras associações e parceiros de negócios; e o empenho da gestão e dos funcionários, que é essencial para que estas práticas funcionem (Kurzban et al., 2019).

2.1.2.4. KPI'S

Para uma organização ser de topo é extremamente importante que esta entenda os seus fatores críticos para o sucesso, os consiga comunicar e utilizá-los. É neste ponto que entram os indicadores de desempenho, ou *Key Performance Indicators* (KPI's). O falhanço da utilização destes indicadores acontece muitas vezes devido às organizações os recolherem de forma aleatória e os prepararem com pouco conhecimento, resultando em dados com pouco significado (Parmenter, 2019).

A medição do desempenho é uma forma de calibrar a eficiência e de tornar uma organização compreensível. Esta medição permite encontrar melhorias relativamente a processos do passado e do presente e assim é possível desenvolver estratégias para o futuro da organização. Para além disso, relaciona os problemas aos objetivos da empresa e permite avaliar o resultado das decisões de investimento ou de não investimento. O objetivo final é compreen-

der o impacto das decisões da gestão no sucesso, avaliar se um edifício está a atender as necessidades e permitir a identificação dos principais problemas que afetam o desempenho de uma organização (Lavy et al., 2010).

Segundo alguns autores as organizações devem identificar um conjunto medidas de desempenho e segui-las durante um certo período de tempo de modo a comparar o ponto inicial com possíveis melhorias ou deteriorações (Council et al., 2005).

É possível classificar os KPI's em quatro categorias:

- **Indicadores financeiros**

Nestes indicadores constam todas as medidas de desempenho relacionadas com custos de instalações, operações, manutenções, componentes, entre outros. Estes podem ser utilizados pela gestão tanto a curto como a longo prazo e representam o desempenho em termos de custos por unidade de área, operador ou produto.

- **Indicadores físicos**

Nestes indicadores constam as medidas de desempenho que classificam se um edifício suporta a função desejada; a qualidade de espaço, como problemas de espaço ou do meio-ambiente; e utilização de recursos, como a energia, a água e o material. Esta categoria contém indicadores quantitativos e qualitativos.

- **Indicadores funcionais**

Estes indicadores avaliam aspetos relacionados com a organização, como o espaço e os funcionários. O estado de um espaço em um edifício pode variar se o espaço estiver superutilizado ou subutilizado, que depois ir-se-á refletir na satisfação dos ocupantes. Normalmente, estes indicadores podem ser utilizados para definir objetivos a longo prazo e planear estratégias.

- **Indicadores baseados em questionários**

Nesta categoria encontram-se os indicadores de desempenho que não podem ser quantificados ou que apenas podem ser obtidos a partir da opinião dos inquiridos. Normalmente estas informações são obtidas a partir de questionários e podem se dirigir a funcionários, clientes, visitantes, entre outros. Esta categoria é muito importante essencialmente para avaliar aspetos psicológicos e do meio-ambiente (Lavy et al., 2010).

A mitigação dos gargalos (*bottlenecks*) é o modo mais eficiente de melhorar a performance do sistema. Uma máquina gargalo é a máquina que impede que a produtividade do sistema seja superior, ou seja, o aumento da eficiência da máquina irá ter como consequência o aumento da eficiência do sistema (Xie & Li, 2012).

O desempenho da linha de produção não está determinado apenas pela performance dos processos, mas também pelo modo de como estes estão interligados. Este último fator implica que quando um processo pára, os processos seguintes podem ficar suspensos. Uma máquina pode ficar em suspenso devido a falhas ocorridas a montante ou a jusante. A falha a montante é causada pela paragem da máquina devido a falha na alimentação causada pela falha de máquinas precedentes e a falha a jusante é causada pela paragem de produção devido impossibilidade de saída de produto, devido ao bloqueio de máquinas sucessoras (Gebennini et al., 2008).

O tempo máximo de todas as estações de trabalho, determina a taxa de produção de toda a linha. A estação que contém o tempo máximo de produção é chamada de gargalo, ou seja, a taxa de produção da linha é igual à taxa de produto que sai da estação gargalo (Chen & Lan, 2002).

Por fim, uma gestão forte é aquela que suporta medidas que dão autonomia aos indivíduos e os envolvem, que refletem as relações causa-efeito, que criam discussão para suportar a implementação de melhorias e que suportem a tomada de decisão. O foco exclusivo nas medidas de desempenho sem ter um conhecimento aprofundado nestas, apenas darão a informação das consequências das decisões e perder-se-á a oportunidade de criar performance (Lebas, 1995).

2.1.2.5. Diagrama de Esparguete

O diagrama de esparguete, mais conhecido como *Spaghetti Diagram* é uma ferramenta de *lean* utilizada para visualizar o movimento de pessoas, materiais, documentos, produtos semiacabados, entre outros. Sempre que esta ferramenta consegue visualizar estes movimentos, torna fácil encontrar oportunidades de melhoria visto que tem em consideração o fluxo, as distâncias, as velocidades e os tempos de espera. Tendo em conta que utiliza linhas contínuas para representar os movimentos, permite às equipas responsáveis identificar redundâncias no fluxo de trabalho (Gladysz et al., 2018; L. Wilson, 2010).

De modo a criar estes diagramas corretamente, deve-se seguir os seguintes passos (Allen, 2019):

1. Desenhar linhas curvas contínuas no layout, desde a primeira localização até às localizações seguintes. (Fluxos complexos são sinal de oportunidades de melhoria);
2. Calcular a distância total percorrida (D);
3. Estimar o tempo percorrido, utilizando uma velocidade de caminhada de 1,34 metros por segundo;
4. Estudar o diagrama e identificar grandes linhas e zonas com poucos movimentos;
5. Mover os processos de modo a reduzir D;
6. Repetir os passos 2-5 conforme as necessidades.

2.1.2.6. Value Stream Mapping

A cadeia de valor (*value stream*) consiste em toda as atividades de valor acrescentado e de valor não acrescentado que são necessárias para o desenvolvimento de um produto ou serviço (Rother & Shook, 2003).

O mapeamento da cadeia de valor, ou *value stream mapping* (VSM), é uma ferramenta que é utilizada para encontrar desperdício desde o pedido do cliente até ao fim de todo o processo, ou seja, até à entrega do produto ou serviço. Este mapeamento inclui algumas informações como tempos de ciclo, stocks, número de operadores, tipos de transporte, tempos de entrega, entre outros (L. Wilson, 2010).

O VSM é um processo que permite a todos os *stakeholders* numa organização compreender e analisar o fluxo de um processo e a comunicação neste. O objetivo final é que todos a

pessoas envolvidas consigam diferenciar o valor de desperdício e de seguida consigam criar um plano para o eliminar.

Este mapeamento pode ser realizado relativamente ao estado atual, no qual é possível analisar os processos existentes, e relativamente ao estado futuro, no qual é possível representar a visão do fluxo de valor da equipa responsável, depois das melhorias já estarem implementadas.

O VSM pode ser dividido em três secções:

O fluxo do processo ou da produção, que pode ser associado ao fluxograma do processo. Este é construído da esquerda para a direita e permite analisar os estrangulamento e oportunidades de melhoria;

O fluxo de informação, no qual se pode analisar todas as comunicações, desde aqueles que criam valor para o consumidor final até às que não criam qualquer valor.

Cronologias e distâncias, que se encontram na zona inferior do VSM. A linha de cima mede o tempo de entrega do processo, enquanto a linha inferior representa o tempo total de ciclo. Por vezes é colocada uma linha por baixo com as distâncias percorridas (fisicamente) ao longo do processo (Nash & Poling, 2011).

Esta ferramenta é extremamente importante porque ajuda a visualizar múltiplos processos, ajudando assim a encontrar as fontes de desperdício nas cadeias de valor. É a única ferramenta que permite interligar os fluxos material e de informação. Devido à sua capacidade de descrever com rigor os processos (tempo de entrega, distância percorrida, tempos de ciclo, entre outros), acaba por ter muito mais valor do que ferramentas quantitativas e layouts (Rother & Shook, 2003).

2.2. Ergonomia nos processos

Muitas vezes os desperdícios são criados pelas pessoas, pelo que é importante compreender se os movimentos que os operadores fazem quando realizam as tarefas são ergonómicos. A ergonomia é uma ciência que estuda o comportamento humano e o desempenho das interações entre as pessoas e as máquinas e que aplica princípios e métodos de modo a otimizar o bem-estar humano. O objetivo final desta ciência é melhorar o desempenho dos sistemas melhorando esta interação. Esta melhoria pode ser atingida com a mudança do ambiente de trabalho, tornando-o mais seguro e apropriado para as tarefas, ou alterando as tarefas de modo a torná-las mais compatíveis com as características dos operadores e as necessidades psicológicas e sociais (Bridger, 2003; J. R. Wilson, 2000).

Quando se estuda a ergonomia nos sistemas, deve-se garantir que se eliminam os aspetos que são indesejados ou incontrolláveis, como por exemplo, a ineficiência (quando a produção do operador não é ótima), a fadiga (se a tarefa não for bem concebida, o operador pode-se cansar desnecessariamente), os acidentes (como é o caso do excesso de stress físico e mental), as dificuldades e a apatia dos operadores (Bridger, 2003).

É extremamente importante ter em consideração a tarefa, a carga, o ambiente de trabalho, a capacidade do operador e a relação entre estes fatores (Health and Safety Executive, 2016).

Na ergonomia os ferimentos, a falta de qualidade e elevadas taxas de erro humano são vistas como problemas do sistema e para resolvê-los deve-se redesenhá-lo. Estes problemas não devem ser resolvidos com a troca de operadores, com incentivos ou mensagens.

Podem-se considerar três fatores principais que influenciam a postura (Bridger, 2003):

- Características do operador
 - Neste fator estão inseridas características como a idade, a capacidade, cirurgias ou lesões anteriores, o campo de visão, entre outros.
- Requisitos da tarefa;
 - Neste fator estão inseridos os requisitos visuais e manuais (posição e força), tempos de ciclo, tempos de repouso, entre outros.
- Design do espaço de trabalho.
 - Neste fator estão inseridas as dimensões da superfície e do espaço de trabalho, a privacidade, a qualidade de iluminação, o design do assento, entre outros.

O design do espaço de trabalho falha quando este causa demasiado stress nos operadores. As falhas podem ser resumidas nas seguintes (Bridger, 2003):

- Trabalhar com as mãos muito afastadas do corpo;
- Superfície de trabalho demasiado baixa;
- Trabalhar no canto do banco;
- Trabalhar de pé com a coluna torcida em vez de trabalhar para a frente.

Segundo Grasley (1978), existem diferenças entre o sexo masculino e feminino na antropometria (dimensões do corpo), na biomecânica (força e flexibilidade), na psicologia (stress ao calor e ao frio, e à altitude).

Analisando os percentis da população Estados Unidos da América, Norte da Europa e Japão pode-se concluir que as pessoas do sexo masculino são tendencialmente mais altas que as pessoas do sexo feminino, na tabela 2.1 estão representados os percentis destas populações (Bridger, 2003).

As lesões e distúrbios nas articulações, tecidos inferiores ou superiores e nas costas, fazem parte dos distúrbios musculoesqueléticos. As lesões por manipulação manual integram-se nestes distúrbios. Considera-se manipulação manual o transporte ou suporte de cargas na posição estática e deixar cair intencionalmente ou atirar uma carga para dentro de um compartimento.

Tabela 2.1 - Percentis da população adulta (5º e 95º percentis) (Adaptado de Bridger, 2003)

População	Sexo Masculino		Sexo Feminino	
	5º	95º	5º	95º
Estados Unidos da América	1595	1825	1420	1630
Norte da Europa	1540	1740	1410	1610
Japão	1445	1635	1350	1500

Alcançar cargas que se encontram acima da linha dos ombros coloca um stress adicional nos braços e nas costas. As posturas que impliquem as mãos acima dos ombros tendem a ser exigentes e consequentemente fatigantes (Health and Safety Executive, 2019).

Apesar de não haver limites seguros para o levantamento e transporte de cargas, existem recomendações para identificar as atividades de baixo risco. Na figura 2.3 estão representadas estas recomendações para o sexo masculino e feminino (Health and Safety Executive, 2020).

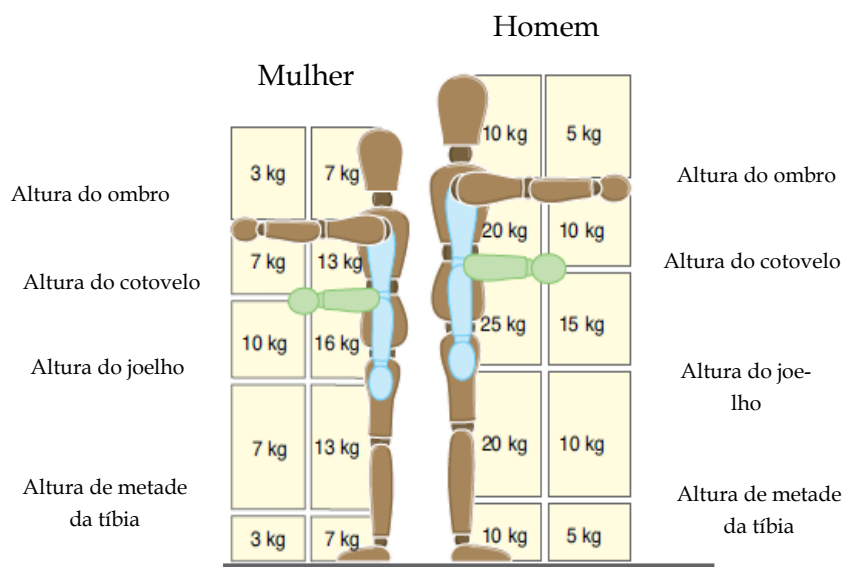


Figura 2.3 - Limites recomendados para levantamento de cargas por altura (Adaptado de Health and Safety Executive, 2020)

Também é possível fazer uma relação entre redução capacidade do individuo com o aumento da distância das mãos ao corpo. Na figura 2.4 está representada esta relação. É possível concluir que à medida que esta distância aumenta, o individuo vai perdendo a sua capacidade de suportar cargas (Health and Safety Executive, 2016).

A maioria das atividades diárias do ser humano envolve a rotação axial do tronco. No entanto, vários estudos epidemiológicos concluem que esta rotação contribui muito significativamente para o risco de dores lombares. Alguns autores afirmam que 33% das lesões nas costas se deve exclusivamente à rotação da coluna vertebral (Kumar, 2004).

Se durante a manipulação manual houver rotação do tronco, aumenta significativamente o stress na região lombar. De modo a evitar rotações, os operadores devem se dirigir para a carga preferencialmente de frente, tal como demonstra a figura 2.5. Se não for possível, devem mudar a direção movendo os pés em vez de apenas rodar o tronco (Health and Safety Executive, 2020).

O Health Safety Executive (HSE) demonstra que o risco do levantamento de cargas pode ser atenuado se vários operadores realizarem essa tarefa em conjunto. Na tabela 2.2 está representada a relação entre o peso da carga e o número de pessoas para levantá-la (Health and Safety Executive, 2019).

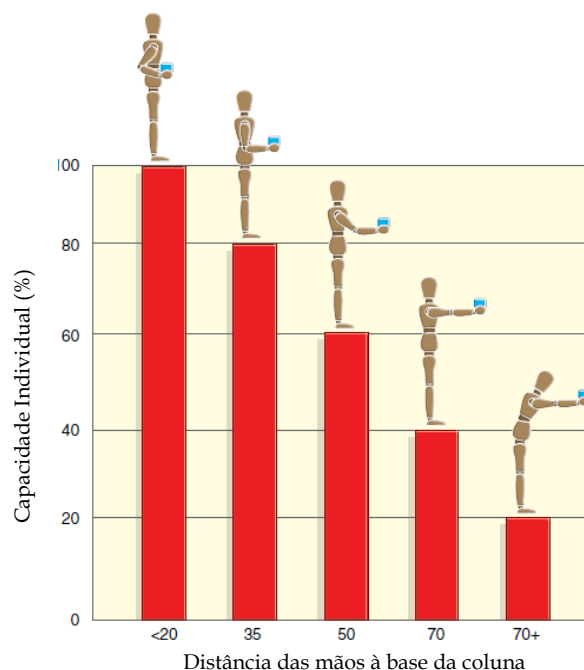


Figura 2.4 - Relação entre a distância das mãos à base da coluna e a capacidade do indivíduo

Vários autores afirmam que as intervenções ergonômicas nos sistemas podem ter um bom custo-benefício. A movimentação manual de cargas elevadas tem como consequência um elevado número de baixas profissionais e lesões. Existem muitos casos em que as alterações tiveram um bom custo-benefício. Normalmente, estas alterações são avaliadas monitori-

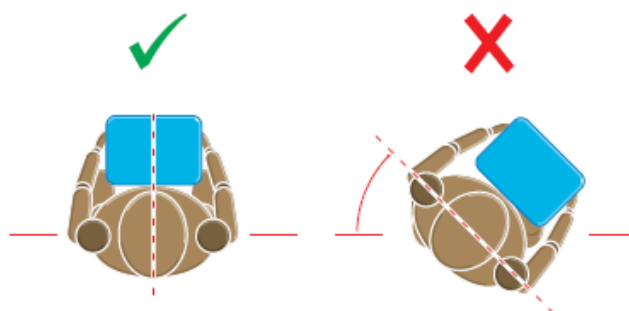


Figura 2.5 - Rotação do tronco
(Adaptado de Health and Safety Executive, 2016)

Tabela 2.2 - Recomendações para o levantamento de cargas com múltiplos operadores
(Adaptado de Health and Safety Executive, 2019)

Número de Operadores	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto	Risco Extremamente Elevado
2	<35 kg	35-65 kg	65-85 kg	>85 kg
3	<55 kg	55-95 kg	95-130 kg	>130 kg
4	<75 kg	75-130 kg	130-170 kg	>170 kg

zando a redução das lesões dos operadores.

Em relação ao retorno dos investimentos, geralmente o investimento paga-se a si mesmo visto que depois das alterações estarem implementadas, a produtividade dos operadores tende a aumentar (Bridger, 2003).

Estudo de caso - Processos produtivos

Neste capítulo ir-se-á proceder à caracterização e descrição dos processos na unidade avícola, como também as metodologias adotadas para a elaboração da dissertação. Por motivos de confidencialidade não irá haver qualquer referência ao nome da empresa.

3.1. Unidade em Estudo

O foco deste projeto é em um centro de abate numa unidade avícola. Tendo em conta que esta unidade gere um número elevado de operadores criaram-se responsáveis que orientassem as equipas, na figura 3.1 está representado o organograma das hierarquias.

A unidade apresenta cinco secções de transformação do frango: o abate, a desmancha, os marinados, os congelados e a embalagem. Esta última é dividida em vácuo, cuvette com atmosfera protetora e saco.

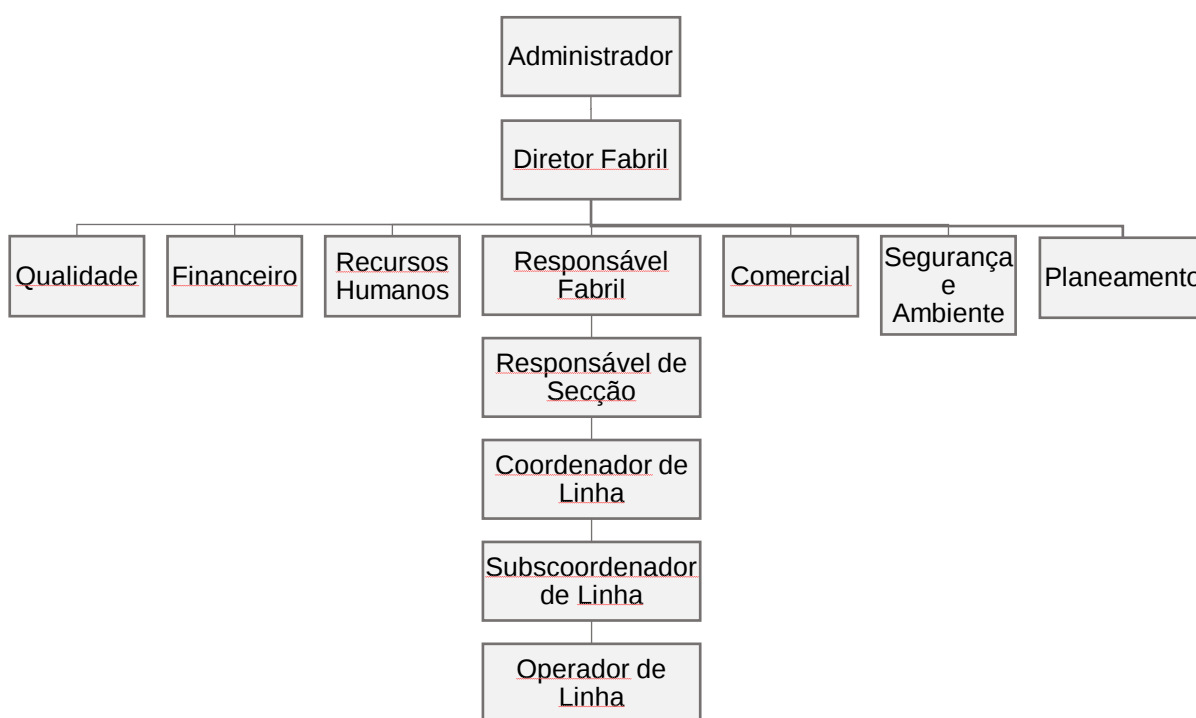


Figura 3.1 - Organograma da Empresa

3.1.1. Secção de abate

Na secção do abate procede-se à transformação do frango vivo, desde a sua receção até à sua calibragem. Na figura 3.2 está representado o fluxograma do processo na secção do abate.

- **Receção das aves**

Neste processo os operadores rececionam as jaulas com a aves vivas. Existem duas zonas de receção, uma num pequeno armazém com ventilação para o caso de as condições atmosféricas não serem as ideias para as aves estarem à espera e a outra é num pequeno armazém junto a zona da pendura onde se preparam as jaulas para o processo seguinte.

- **Pendura**

Na pendura os operadores têm de pendurar as aves pelas patas na linha.

- **Eletrocussão e Degola**

A ave é eletrocutada para que o seu sofrimento seja o menor possível durante a degola.

- **Sangria**

Neste processo a ave permanece numa sala para perder o sangue.

- **Escaldão e Depena**

A ave é escalada e posteriormente é depenada automaticamente.

- **Evisceração e limpeza**

Nestes processos, a ave passa por um conjunto de máquinas mecânicas que lhe retiram as evisceras e as miudezas. É aqui que os operadores voltam a atuar, tanto na limpeza das miudezas como na limpeza das aves.

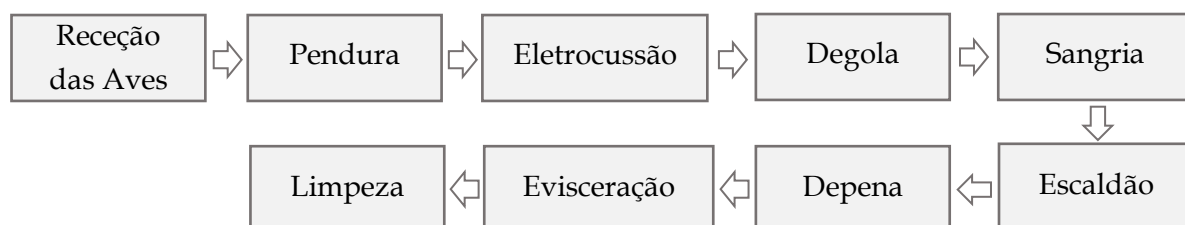


Figura 3.2 - Fluxograma da Secção de Abate

3.1.2. Secção da desmancha

A secção da desmancha pode ser dividida em três subsecções, a da calibradora, a da desmancha de frango e a do peru. Na calibradora, o frango é selado e passa por uma balança para posteriormente ser separado de acordo com o seu peso. Na desmancha, a ave passa por várias serras, uma que lhe retira as asas, outra as pernas e outra os peitos. Todas estas partes são depois escolhidas e transformadas de acordo com as especificações dos clientes pelas máquinas e operadores de linha. A subsecção do peru é composta por algumas linhas de transformação, onde este é transformado de acordo com as necessidades dos clientes.

3.1.3. Secção dos marinados e do churrasco

A secção dos marinados é composta por várias linhas e máquinas que procedem ao tempero da carne. Os temperos utilizados na preparação dos produtos são produzidos na unidade. Nos marinados saem panados, almondegas, hambúrgueres, salsichas, rolo de carne, entre outros, que são posteriormente embalados nesta secção. No churrasco saem espetadas, asa e frango temperado para churrasco.

3.1.4. Secção da embalagem

A secção da embalagem, como foi referido anteriormente, pode ser dividida em três subsecções, a vácuo, a cuvette com atmosfera protetora e a saco. O produto passa da secção da desmancha para uma destas três subsecções. Aqui os operadores enchem a embalagem, colocam-nas em caixas e posteriormente em paletes. É de referir que a cuvette tem uma atmosfera protetora, ou seja, uma atmosfera com uma percentagem de oxigénio superior à atmosfera normal, de forma a controlar as reações enzimáticas e microbianas para a aumentar o tempo de vida do produto.

3.1.5. Secção dos congelados

A secção dos congelados pode ser dividida em duas subsecções, a dos túneis de congelação e da linha de congelação rápida. Ambas as subsecções têm como objetivo a congelação do produto que é preparado nas secções anteriores. A maior parte do produto que vai para esta secção acaba por ser exportado.

3.1.6. Equipas de apoio à produção e de controlo

Todas as secções anteriores são apoiadas e controladas por várias equipas, entre elas a do planeamento, a de monitorização, a de movimentação, a de manutenção, a da segurança, a das especificações e a da qualidade e a das caixas

O planeamento gere todas as secções, controla as horas e as quantidades de produto que tem de ser transformado para satisfazer as necessidades dos clientes.

A equipa de monitorização verifica diariamente se os detetores de metais estão a funcionar corretamente, se a atmosfera protetora das cuvetes está dentro dos limites pré-estabelecidos, controla os não-conformes e verifica se algumas informações nas etiquetas como a data de validade e o número de lote.

A equipa de movimentação permite que todas as secções tenham a matéria-prima quando esta é necessária, abastece as linhas com caixas limpas e movimenta o produto acabado para as zonas de expedição ou para câmaras de refrigeração e túneis de congelação.

Como a empresa tem inúmeras linhas de produção e máquinas, os problemas são recorrentes, pelo que a equipa da manutenção garante o funcionamento das linhas, trabalhando no sentido que estas estejam paradas o menor tempo possível. Esta equipa também faz as manutenções preventivas de forma a evitar problemas futuros.

A segurança tem a função de garantir o bem-estar dos operadores, como por exemplo, garante que os operadores utilizam os equipamentos de proteção individual, como o uso de

luvas de aço no manuseio de facas e cutelos. Também garante que os operadores façam o seu trabalho com uma postura mais correta possível.

A equipa das especificações trabalha juntamente com os clientes na aprovação dos rótulos dos produtos e especificações do produto.

A equipa da qualidade verifica se todas as boas práticas estão a ser aplicadas, se as temperaturas da fábrica, câmaras de refrigeração e túneis de congelação estão dentro dos limites aceitáveis, verificam se não há contaminações nas linhas de produção e procedem ao tratamento das reclamações dos clientes. A qualidade é uma equipa independente da produção visto que o seu objetivo não é garantir a produção, mas sim a segurança alimentar.

Por fim, a equipa da produção de caixas que com o auxílio de máquinas faz a montagem e a paletização das caixas de cartão que irão ser utilizadas nas linhas para colocar o produto acabado.

Para além de todas estas equipas, também existe a equipa da limpeza que se pode dividir em três equipas. A equipa da lavandaria, que permite que todos os operadores tenham o uniforme limpo diariamente, a equipa de higienização de caixas e paletes e a equipa de limpeza do chão de fábrica. Todas estas equipas são extremamente importantes visto que se trata de uma unidade de produto alimentar e são estas que permitem que o risco de contaminação seja o menor possível.

3.2. Caracterização dos Processos Produtivos

Tal como referido anteriormente, a empresa atribuiu duas linhas de produção a este projeto, com os objetivos de melhorar as suas produtividades criando um novo design para a linha; desenvolver um evento *kaizen* para uma melhoria contínua por parte dos operadores da linha; desenvolver os 5S, ou seja, definir a localização de cada objeto nas linhas e por fim, juntamente com a equipa das especificações trabalhar na gestão visual, ou seja, definir regras e métodos de trabalho a partir de imagens para uma melhor compreensão por parte dos operadores da linha. Durante o projeto a empresa propôs que se estudasse o sistema de abastecimento de mais duas linhas para melhorar tanto o bem-estar dos operadores como também as produtividades das linhas.

Para uma melhor visualização das linhas e das alterações, e por motivos de confidencialidade, recorreu-se ao software SolidWorks. O SolidWorks é uma ferramenta de projeto muito utilizada para fazer modelações tridimensionais. Este software pode ser utilizado tanto para planear, prototipar e avaliar a viabilidade de sistemas como também para desenhar elementos mecânicos e elétricos.

Na figura 3.3 está representada a linha cronológica do projeto.

3.3. Linha de Embalagem Termoformadora

A termoformadora é uma linha que está desenhada para embalar qualquer tipo de produto a vácuo. A condição de vácuo por vezes não é fácil de obter devido aos seguintes problemas: o filme tem de ter as dimensões corretas, os operadores não podem sujar as extremidades

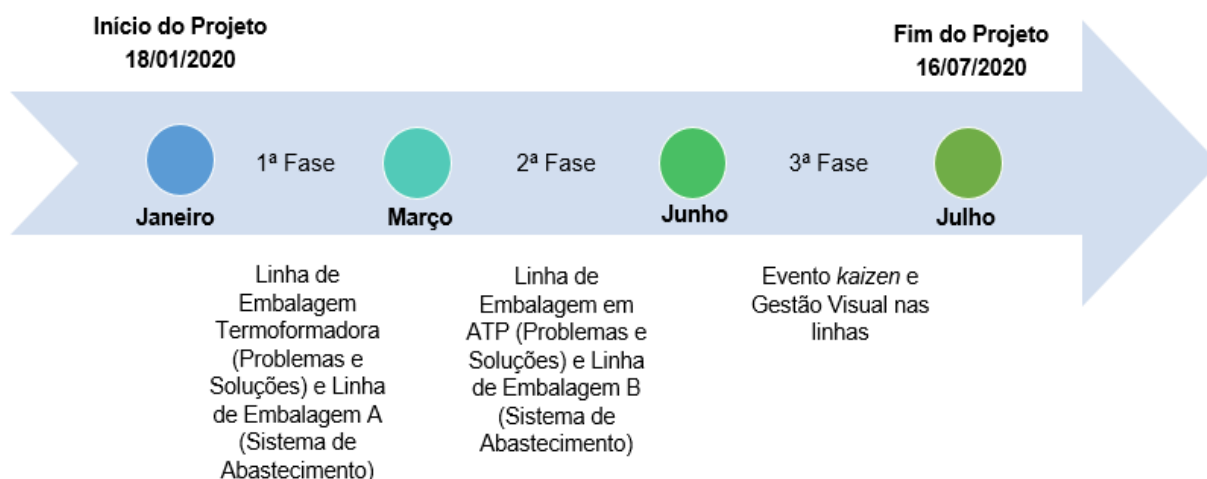


Figura 3.3 - Linha Cronológica do Projeto

da embalagem e geralmente o produto com osso rompe o filme mais facilmente, não permitindo que a condição se concretize.

A linha está desenhada para oito postos de trabalho, mas devido a diversos fatores relacionados com a pandemia provocada pela SARS-CoV-2, por vezes a linha opera com menos operadores. Estes oito postos estão divididos em três zonas: cinco postos na zona de abastecimento, dois postos na zona de rotulagem e um posto na zona de inspeção, este último é normalmente ocupado pelo coordenador da linha. Na zona de inspeção, identificam-se as embalagens não conformes, verifica-se a conformidade dos rótulos e recebe-se a produção diária para a linha. Na figura 3.4, está apresentada a maqueta da linha termoformadora com as respetivas áreas de trabalho. O objetivo desta maquete é simular possíveis alterações de sistemas

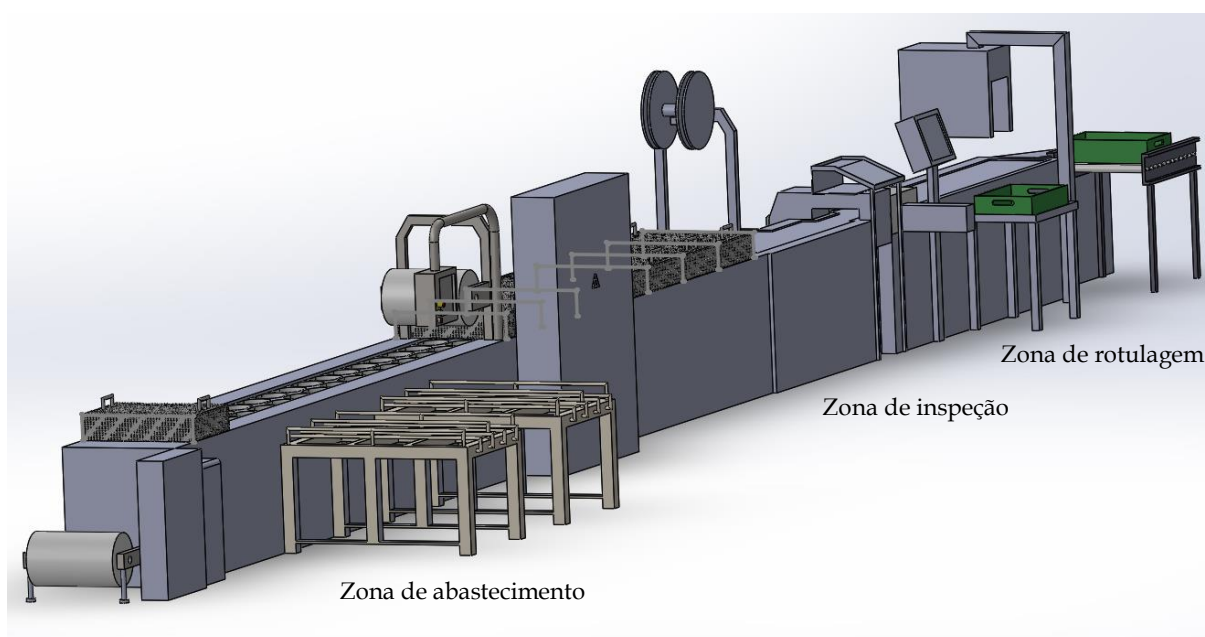


Figura 3.4 - Linha Termoformadora

de abastecimento e dos postos de trabalho para posteriormente apresentar mais facilmente as soluções aos operadores de linha e responsáveis de secção.

Recorrendo à observação direta do processo de embalagem na linha foi possível estruturar um fluxograma do processo. Na figura 3.5, transcreve-se o fluxograma da termoformadora.

3.3.1. Descrição das Atividades do Processo de Embalamento

- **Movimentação de matérias-primas**

A equipa de movimentação abastece a linha com produto previamente requisitado pelo coordenador da linha. Este produto só pode ser utilizado se o período de tempo entre o abate e o embalamento não exceder o período definido pelo departamento da qualidade.

- **Termoformagem do filme inferior**

O filme é termoformado pelo equipamento com o objetivo de criar uma embalagem. A dimensão da mesma é ajustada a partir de moldes inseridos pelos operadores da linha. Deste modo controla-se a dimensão da embalagem para ser possível definir a massa de produto que a embalagem consegue acomodar.

- **Inserção de matéria-prima no filme inferior**

A matéria-prima é inserida manualmente no filme termoformado de forma adequada à especificação. Nesta atividade é preciso ter em atenção ao produto não conforme e à sujidade nas extremidades da embalagem, para evitar embalagens não conformes por falta de vácuo.

- **Selagem dos filmes inferior e superior**

A embalagem é selada com ou sem vácuo de acordo com as especificações a partir de moldes aquecidos que iram unir o filme superior ao inferior.

- **Seleção de embalagem**

Procede-se à verificação da isenção de ar na embalagem, rejeitando para reprocessamento as embalagens que contenham ar. Caso a especificação do cliente seja embalagem com ar, apenas é necessário verificar se as embalagens estão seladas.

- **Deteção de metais**

Esta atividade é a mais importante de todo processo, visto que pode pôr em causa a segurança alimentar. Procede-se à deteção de partículas metálicas, tanto de metais ferrosos como de metais não ferrosos e inox, e efetua-se a rejeição automática dos produtos contaminados. Sempre que uma embalagem é rejeitada pelo detetor de metais, esta é encaminhada para o departamento da qualidade para se tentar compreender a origem do metal. O funcionamento deste detetor de metais é verificado uma vez em cada turno pela equipa de monitorização e pelos operadores de linha sempre que iniciam um produto novo.

- **Pesagem**

O produto é pesado e verifica-se se está de acordo com a especificação do cliente. Normalmente as embalagens nesta linha de produção têm entre dois e três quilogramas. Se o produto não estiver de acordo com a especificação, este tem de ser recondicionado.

- **Rotulagem**

Com o auxílio de uma rotuladora, todas as embalagens são rotuladas. Cada cliente tem um rótulo específico no qual é impresso algumas informações como a massa e tipo de produto.

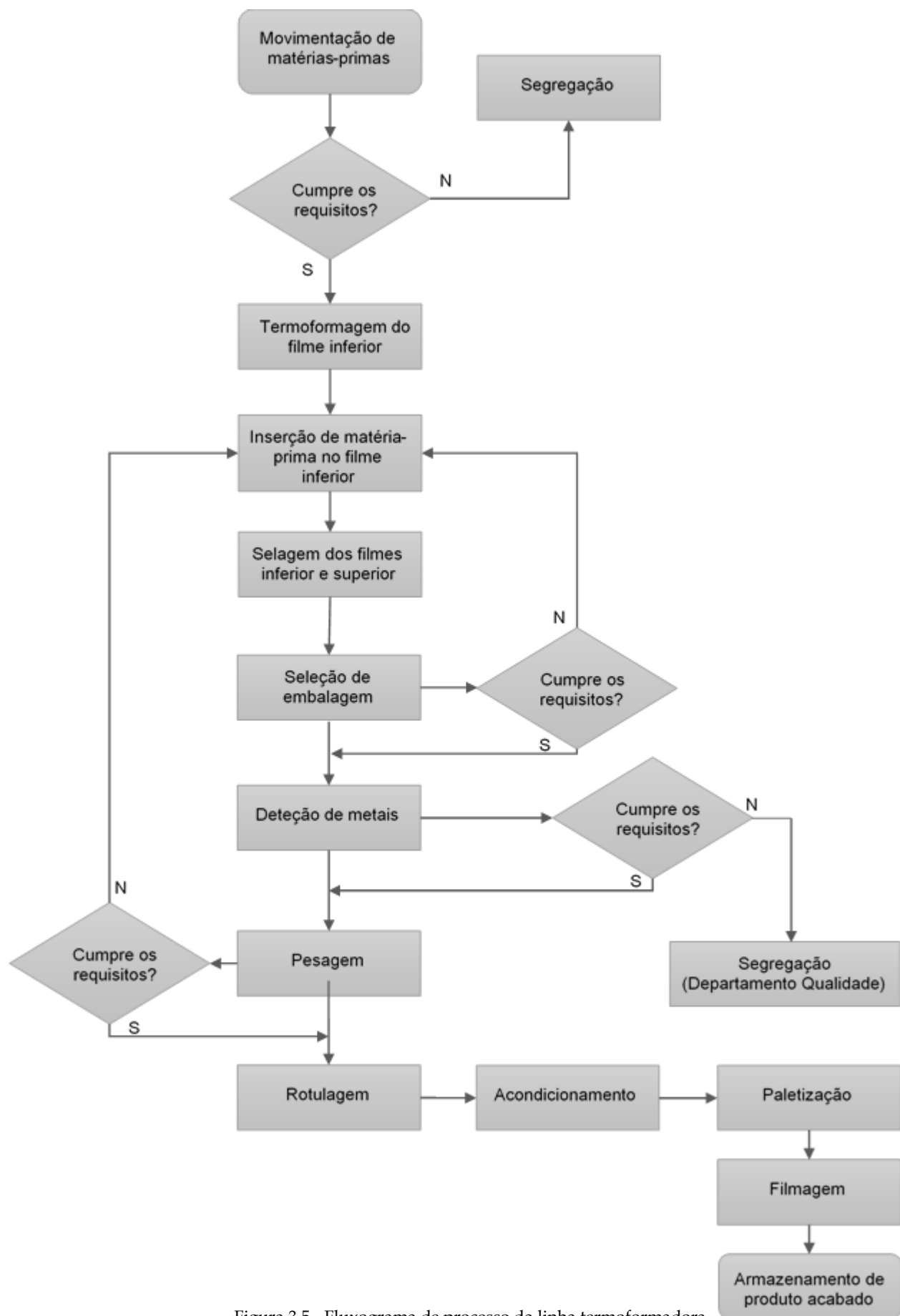


Figura 3.5 - Fluxograma de processo da linha termoformadora

- **Acondicionamento**

Depois de rotuladas, as embalagens são acondicionadas numa caixa e posteriormente é colada nesta uma etiqueta que contém o peso total da caixa.

- **Paletização**

As caixas são colocadas numa palete de forma que as etiquetas das caixas estejam orientadas para fora, de forma que a sua picagem seja mais fácil. Por fim, cola-se uma etiqueta com o peso total da palete.

- **Filmagem**

A palete completa é envolvida em filme de forma a compactá-la corretamente.

- **Armazenamento de produto acabado**

A equipa de movimentação transporta a palete até às câmaras de refrigeração ou zona de expedição.

Tal como foi referido anteriormente, durante o estudo da linha de embalagem termoformadora, foi introduzido o problema do sistema de abastecimento da linha de embalagem A que foi analisado e estudado em conjunto com os operadores e responsáveis.

3.4. Linha de Embalagem A

No processo da linha de embalagem A procedeu-se ao estudo de um sistema de abastecimento diferente de modo a reduzir o esforço por parte dos operadores. O estudo desta linha realizou-se durante o período de tempo do estudo da linha termoformadora, ou seja, nos primeiros dois meses de estágio.

O processo desta linha pode ser dividido em dois subprocessos que irão ser descritos num fluxograma simplificado, representado na figura 3.6.

O estudo é focado no subprocesso I, visto que é onde se encontra o maior esforço por parte dos operadores.

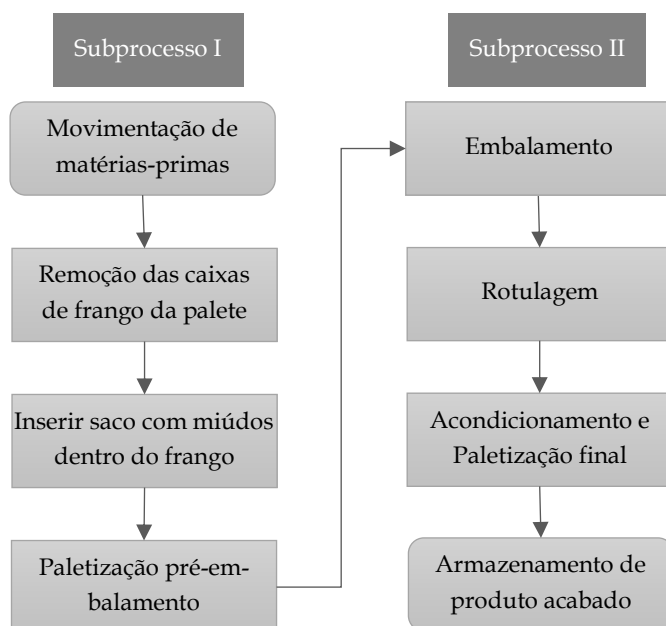


Figura 3.6 - Fluxograma simplificado do processo da linha de embalagem A

A equipa de operadores da linha de embalagem A opera também na linha de embalagem B que irá ser analisada na secção 3.6. O trabalho em ambas as linhas é idêntico, pelo que todos os operadores rodam entre as duas linhas. A equipa é constituída por 14 operadores.

3.4.1. Descrição das Atividades do subprocesso I

- **Movimentação de matérias-primas**

O movimentador alocado à linha transporta frango inteiro para a linha de embalagem.

- **Remoção das caixas de frango da palete (1)**

Os operadores da linha retiram as caixas da palete e colocam-nas a uma altura que seja confortável para operarem.

- **Inserir saco com miúdos dentro do frango (2)**

Os operadores colocam um saco com miúdos dentro do frango.

- **Paletização pré-embalamento (3)**

Procede-se à paletezição antes do embalamento das caixas de frango com miúdos. O seu objetivo é evitar uma dependência entre o subprocesso I e II e deste modo há uma maior flexibilidade da equipa para operarem na linha A ou B.

No fim de terem sido analisados os problemas encontrados e de se apresentar as respetivas soluções para as duas linhas apresentadas anteriormente, aproximadamente a meio do estágio, procedeu-se à mudança para a linha de embalagem em ATP.

3.5. Linha de Embalagem em ATP

A linha de embalagem em ATP (atmosfera controlada) está desenhada para embalar qualquer tipo de produto em cuvette. Ao contrário da linha termoformadora, esta linha foi a última a ser desenvolvida na unidade. A linha está desenhada para oito operadores que estão divididos em três zonas: seis operadores na zona de abastecimento, um operador na zona de inspeção e um operador na zona de rotulagem. Na zona de abastecimento procede-se ao abastecimento da estrutura para as caixas e do enchimento das cuvetes, na zona de inspeção procede-se à verificação da selagem das cuvetes e da isenção de metais e na zona de rotulagem procede-se à rotulagem e acondicionamento das cuvetes em caixas e posteriormente em paletes.

Tal como foi referido anteriormente, esta linha é recente e tem uma equipa recente, pelo que não seria possível alterar o equipamento. Deste modo, não foi relevante criar uma simulação da linha em SolidWorks tal como foi criado para as restantes linhas.

Recorrendo à observação direta do processo de embalamento na linha foi possível estruturar um fluxograma do processo. Na figura 3.7, transcreve-se o fluxograma da linha de embalagem.

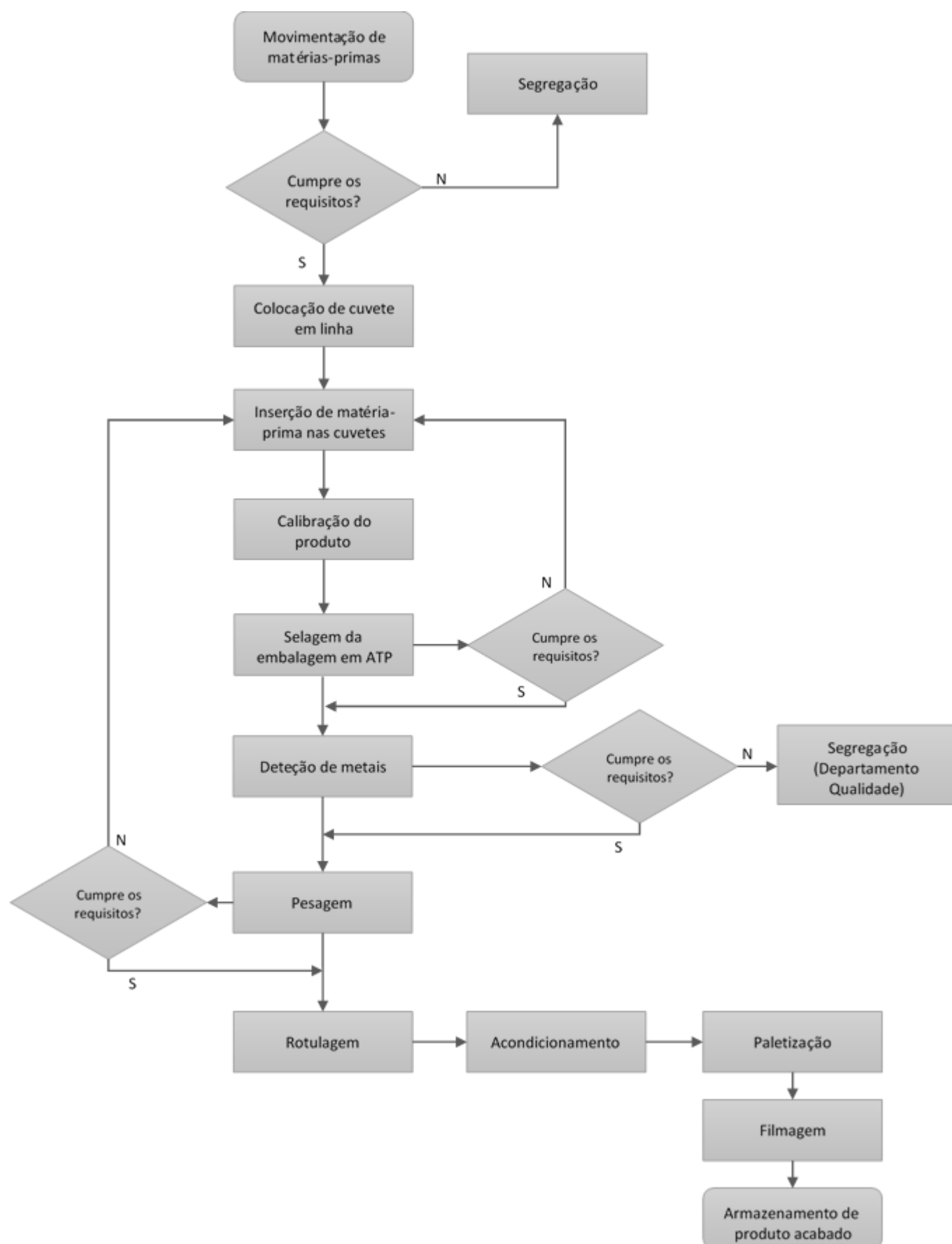


Figura 3.7 - Fluxograma de processo da linha de embalagem em ATP

3.5.1. Descrição das Atividades do Processo de Embalamento

- **Movimentação de matérias-primas**

A equipa de movimentação abastece a linha com produto previamente requisitado pelo coordenador da linha. Este produto só pode ser utilizado se o período de tempo entre o abate e o embalamento não exceder o período definido pelo departamento da qualidade

- **Colocação de cuvette em linha**

O operador coloca as cuvetes em um dispensador de cuvetes que dispensa as cuvetes na linha a uma velocidade regulada pelo mesmo.

- **Inserção da matéria-prima nas cuvetes**

A matéria-prima é inserida manualmente na cuvette de forma adequada à especificação. Nesta atividade é preciso ter em atenção ao produto não conforme e à sujidade nas extremidades da embalagem, para evitar embalagens não seladas.

- **Calibração do produto**

A partir de um verificador de peso, o produto é calibrado de acordo com as especificações e é automaticamente rejeitado se este não for aceite.

- **Selagem da embalagem em ATP**

A cuvette é orientada para os moldes, no interior da embaladora e procede-se à selagem das cuvetes em atmosfera controlada.

- **Deteção de metais**

Esta atividade é a mais importante de todo processo, visto que pode pôr em causa a segurança alimentar. Procede-se à deteção de partículas metálicas, tanto de metais ferrosos como de metais não ferrosos e inox, e efetua-se a rejeição automática dos produtos contaminados. Sempre que uma embalagem é rejeitada pelo detetor de metais, esta é encaminhada para o departamento da qualidade para se tentar compreender a origem do metal. O funcionamento deste detetor de metais é verificado uma vez em cada turno pela equipa de monitorização e pelos operadores de linha sempre que iniciam um produto novo.

- **Pesagem**

Procede-se à pesagem do produto para que a sua massa seja descrita na etiqueta. Normalmente as embalagens nesta linha de produção têm entre 450 e 650 gramas.

- **Rotulagem**

Com o auxílio de uma rotuladora, todas as embalagens são rotuladas. Cada cliente tem um rótulo específico no qual é impresso algumas informações como a massa e tipo de produto.

- **Acondicionamento**

Depois de rotuladas, as embalagens são acondicionadas numa caixa e posteriormente é colada nesta uma etiqueta que contém o total da caixa.

- **Paletização**

As caixas são colocadas numa paleta de forma que as etiquetas das caixas estejam orientadas para fora, de forma que a sua picagem seja mais fácil. Por fim, cola-se uma etiqueta com o total da paleta.

- **Filmagem**

A paleta completa é envolvida em filme de forma a compactá-la corretamente.

- **Armazenamento de produto acabado**

A equipa de movimentação transporta a paleta até às câmaras de refrigeração ou zona de expedição.

3.6. Linha de Embalagem B

Tal como explicitado no subcapítulo 3.4, referente à linha de embalagem A, a equipa da linha de embalagem A também opera na linha de embalagem B visto que o processo é o mesmo. O fluxograma do processo é igual ao da linha A, visto que a diferença destas linhas está no tipo de embalagem. Na figura 3.8, está representado o fluxograma da linha de embalagem B.

O processo de preparação do frango é o mesmo, com o mesmo esforço em demasia por parte dos operadores. É de referir que a maior dificuldade em criar uma solução nesta linha foi gerir a falta de espaço devido ao grande fluxo de paletes da linha vizinha.

A partir de inquéritos a todos os operadores foi possível compreender os problemas e as dificuldades que estes enfrentam diariamente permitindo assim estudar uma solução que fosse de encontro às necessidades.

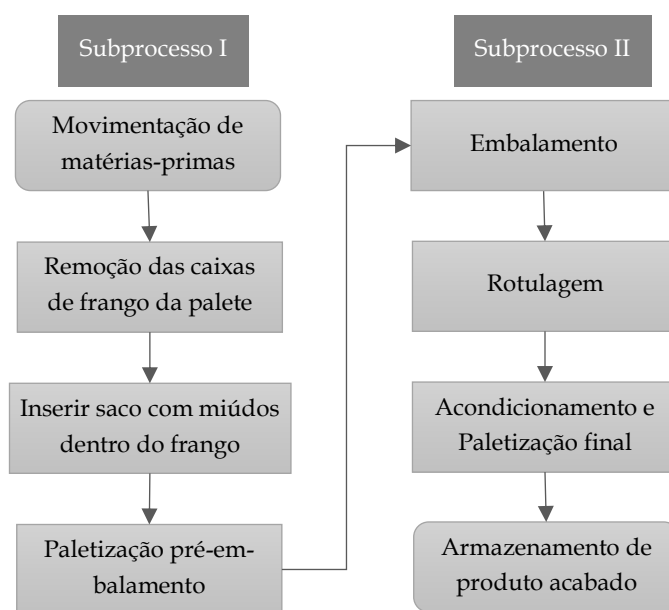


Figura 3.8 - Fluxograma simplificado do processo da linha de embalagem B

3.7. Evento Kaizen e Gestão Visual

No último mês do estágio procedeu-se ao estudo da aplicação do evento *kaizen* e da gestão visual nas linhas. Este estudo foi realizado em conjunto com os departamentos da qualidade, segurança, ambiente e especificações. O objetivo seria que todas as equipas se integrassem na produção de modo a haver uma melhoria contínua dos processos e que houvesse uma redução das reclamações, dos gastos e dos acidentes de trabalho.

No fim, foi possível apresentar uma solução para o evento *kaizen* e para a gestão visual que seria utilizada pelo menos até ao estudo que a equipa do Kaizen Institute iria fazer sobre estas temáticas.

Estudo de Caso - Análise e propostas de melhoria

Neste capítulo ir-se-á proceder à análise profunda dos problemas e soluções das duas linhas da embalagem caracterizadas anteriormente e posteriormente, irão ser apresentadas soluções de abastecimento diferentes para as outras duas linhas de embalagem. Por fim, irá ser apresentado o trabalho realizado para o *kaizen* nas linhas e para a gestão visual, que irá ser utilizado posteriormente pela empresa para as restantes linhas de produção da unidade.

4.1. Linha de Embalagem Termoformadora

4.1.1. Problemas de constrangimento na linha de produção

A primeira fase deste projeto consistiu na construção de um VSM para a linha de produção, que está apresentado no Anexo A, com o objetivo de compreender o fluxo do material e da informação. De seguida identificou-se, juntamente com os operadores e responsáveis, quais os problemas que a linha apresentava. A linha mudou de localização na unidade pouco tempo antes do início do projeto, pelo que os constrangimentos e problemas ainda eram significativos.

Como foi referido anteriormente, os operadores através de um brainstorming passaram muitas informações acerca dos problemas que existiam na linha, os quais eram posteriormente estudados e discutidos com os engenheiros responsáveis. Os operadores, devido à sua experiência, foram extremamente importantes no estudo dos problemas da linha de produção. Estes permitiram uma aprendizagem da linha muito rápida e por vezes tinham sugestões de soluções para os problemas.

Tendo em conta que o processo não é muito complexo, em pouco tempo definiram-se quais os problemas com maior relevância e concluiu-se que o gargalo do processo é a zona de abastecimento. Sendo assim, foi possível dividir os problemas em quatro áreas:

- Espaço
- Abastecimento
- Comunicação
- Controlo

A partir desta informação foi desenvolvido um digrama de Ishikawa, representado na figura 4.1, para se compreender as causas para os problemas de constrangimento.

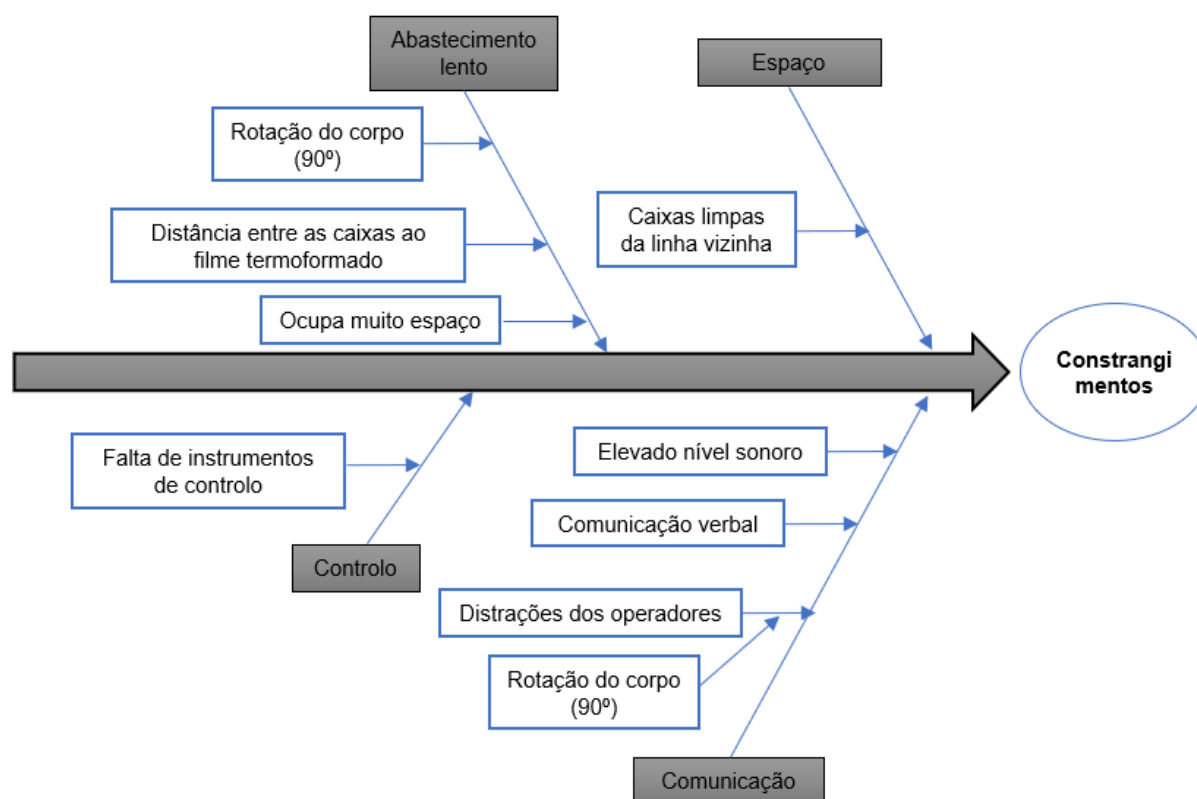


Figura 4.1 -Diagrama de Ishikawa da linha termoformadora

4.1.1.1. Problemas de espaço

A falta de espaço na zona de rotulagem é um problema de muita relevância nesta linha de produção. Este problema causa um grande constrangimento, os operadores não operaram do lado que a linha foi concebida. Este constrangimento tem como consequência a dificuldade em aceder ao detetor de metais e também a dificuldade em rotular visto que a rotuladora deveria de ser operada do lado contrário, mas tal não acontece devido à falta de espaço.

Na figura 4.2 está apresentada a falta de espaço na linha da termoformadora e na figura 4.3 está apresentado o diagrama de esparguete com os trajetos que os operadores têm de percorrer para programar o detetor de metais.

Tendo em conta que os três operadores da zona de inspeção e da zona de rotulagem programam o detetor de metais. Na tabela 4.1 estão as distâncias percorridas e os respetivos tempos gastos por cada operador.

4.1.1.2. Problemas de abastecimento

Estes problemas referem-se à atividade “Inserção de matéria-prima no filme inferior”. Atualmente, a zona de abastecimento está desenhada para ser ocupada por cinco operadores. Um operador transporta as caixas desde uma paleta até a uma estrutura para que os restantes operadores abasteçam a linha. Na figura 4.4, está representado o abastecimento na linha.



Figura 4.2 - Representação da falta de espaço

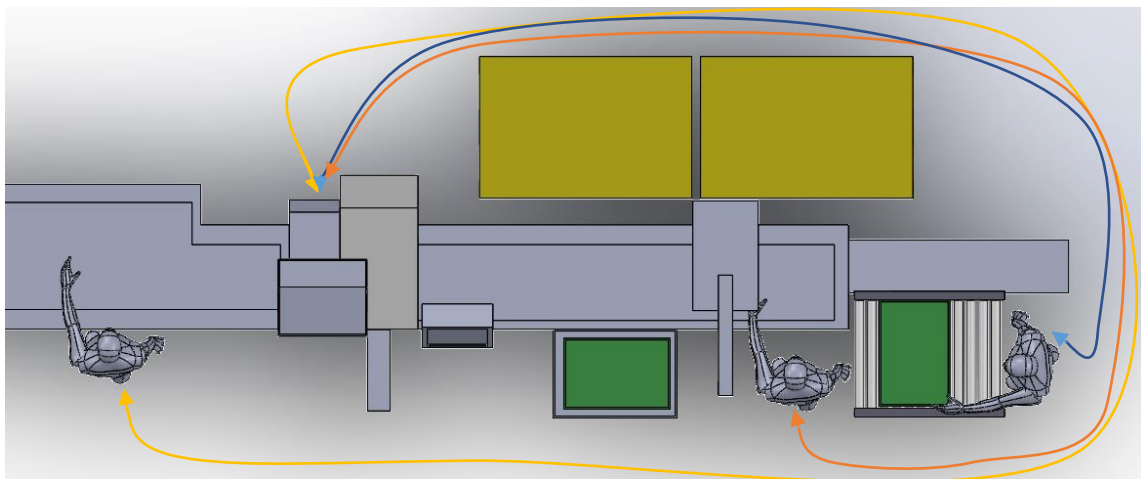


Figura 4.3 - Diagrama de esparguete atual

Tabela 4.1 - Tempo gasto até ao detetor de metais

Operador	Distância (metro)	Tempo (segundo)
1	$13.0 \times 2 = 26.0$	$26.0/1.34 \approx 19.4$
2	$8.2 \times 2 = 16.4$	$16.4/1.34 \approx 12.2$
3	$7.0 \times 2 = 14.0$	$14.0/1.34 \approx 10.4$

Este tipo de abastecimento apresenta três problemas em três áreas: Apresenta um problema de posturas visto que o operador tem de fazer um ângulo de 90 graus com o tronco para transportar o produto desde a caixa até ao filme termoformado (ver figura 2.5, na secção 2.2); o abastecimento é lento, visto que a distância entre a caixa com matéria-prima e o filme termoformado é elevada; e ocupa muito espaço, fazendo com que as paletes de matéria-prima fiquem muito próximas de outras linhas de produção.

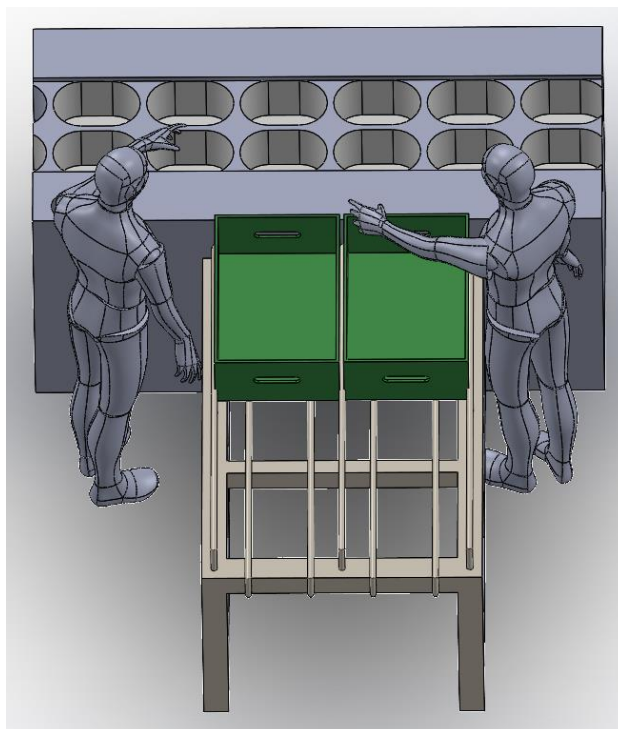


Figura 4.4 - Abastecimento na termoformadora

4.1.1.3. Problemas de comunicação

Os problemas de comunicação foram divididos em dois tipos: internos e externos.

Os problemas de comunicação internos são entre a zona de inspeção e a zona de abastecimento. Este problema acontece devido ao barulho excessivo provocado pelas linhas adjacentes. Muitas vezes o coordenador não pode deixar o seu posto, pelo que tenta passar as informações elevando voz. Apesar do esforço do coordenador, as ordens acabam por não chegar à zona de abastecimento, pelo que posteriormente ocorrem diversos problemas, como o encravamento da máquina de vácuo, erros no peso do produto, sobreprodução e paragens devido a falta de informação.

Os problemas de comunicação externos são entre o coordenador e a equipa de movimentação e entre o coordenador e o departamento do planeamento. Relativamente ao primeiro, diariamente existem falhas de abastecimentos tanto de matéria-prima, como de caixas limpas. Para atenuar o tempo de espera, muitas vezes os operadores da linha é que acabam por se deslocar às câmaras de refrigeração e à zona de limpeza de caixas para abastecer a linha. Estas deslocações provocam paragens na produção. Relativamente ao segundo, este existe porque há uma dependência do responsável de secção para que a informação flua entre a linha e o planeamento. Por vezes, a linha sofre paragens devido a diversos problemas e se o responsável não estiver disponível, a informação desta paragem pode não chegar ao planeamento, ou seja, o planeamento não tem acesso à informação em tempo real, a não ser que este se desloque à linha.

4.1.1.4. Problemas de controlo

Estes problemas referem-se ao controlo das pausas dos operadores da linha, ou seja, pausas de lanche e idas à casa de banho. A falta de pontualidade e rigor por parte dos operadores é verificável diariamente e acaba por criar constrangimentos na linha, tanto a nível da produção como também conflitos com os outros operadores. Este problema também foi referido no início do projeto por parte dos responsáveis e alguns coordenadores de linha.

4.1.2. Propostas de melhoria para os problemas de constrangimento

Com a identificação de todos os problemas de constrangimento, começou a fase de encontrar soluções. Estas soluções poderiam já existir na unidade, ou seja, apenas seria necessário replicá-las, ou então as soluções teriam de surgir da pesquisa, estudo e discussão com os responsáveis da produção. Deste modo, foi possível apresentar soluções possíveis para estes problemas de constrangimento.

Novamente, estas propostas de melhoria serão divididas nas quatro áreas referidas anteriormente.

4.1.2.1. Proposta de melhoria para o problema de espaço

Como foi referido anteriormente, o maior constrangimento é os operadores operarem do lado contrário da linha. A partir da figura 4.2, apresentada anteriormente, e da figura 4.5 é possível verificar que este constrangimento acontece devido à zona das caixas da linha vizinha, ou seja, se for possível desimpedir o corredor que separa as duas linhas, os operadores da linha poderão começar a operar do lado correto.

Para este problema surgiram duas soluções, uma mais económica e outra mais dispendiosa. A primeira consiste em criar um bordo de linha para as caixas, ou seja, uma estrutura para arrumá-las quando estas chegam à linha vizinha. Deste modo, a equipa de movimentação transporta a paleta das caixas (como já acontece) e os operadores da linha colocam as caixas na estrutura. Como esta linha apenas opera com caixas de cartão, esta atividade seria fácil de fazer. Esta estrutura iria ficar por cima da linha vizinha, ou seja, em vez de os operadores retirarem as caixas da paleta, retiravam-nas da sua frente.



Figura 4.5 - Corredor entre a termoformadora e a linha vizinha

A segunda solução é uma replicação de um sistema já existente na unidade. Como a zona das caixas se encontra num piso superior ao chão de fábrica, existe uma linha que transporta as caixas de cartão por cima de toda a fábrica e depois estas caem num local específico. A equipa de movimentação de seguida transporta estas caixas até as linhas. A solução proposta seria a extensão desta linha, para que o abastecimento das caixas fosse diretamente na linha de produção.

Se este segundo sistema fosse implementado nesta linha vizinha e em outras linhas adjacentes que consomem este tipo de caixas, seria possível poupar pelo menos 80 minutos por dia de movimentação de caixas.

Concluindo, ambas as soluções teriam várias vantagens, entre elas, menos constrangimentos, mais disponibilidade da movimentação, mais espaço e um posto de trabalho mais ergonómico visto que o operador deixaria de fazer uma rotação constante do tronco para abastecer a linha com caixas.

Depois destas implementações é possível criar o diagrama de esparguete futuro, representado na figura 4.6, calcular o tempo despendido e a poupança, representados nas tabelas 4.2 e 4.3.

Considerando que a probabilidade de cada operador ir programar o detetor de metais é igual, ou seja, $1/3$, que existem, em média, 30 programações por dia e que a velocidade do operador é de $1,34 \text{ m/s}$, é possível concluir que com estas alterações é possível obter um ganho de 273 segundos por dia. Ao fim de um ano (aproximadamente 300 dias), é possível poupar aproximadamente 23 horas de trabalho.

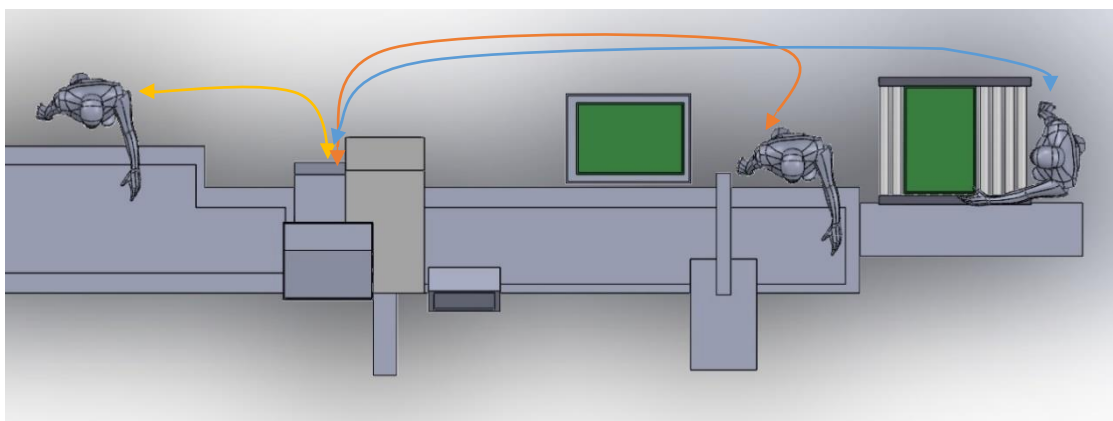


Figura 4.6 - Diagrama de Esparguete Futuro

4.1.2.2. Proposta de melhoria para o problema de abastecimento

A primeira proposta de melhoria nesta situação começou pela replicação de outro sistema já existente na unidade. Retiraram-se as estruturas atuais de abastecimento e testou-se uma estrutura que permitia o abastecimento frontal. A figura 4.7 e 4.8 demonstram o tipo de sistema utilizado. Neste sistema os operadores operaram todos do mesmo lado, para que haja apenas um abastecimento de caixas.

Tabela 4.2 - Tempo despendido para a movimentação

Operador	Distância (metro)	Tempo (segundo)
1	1.0 x 2	2.0/1.34 $\approx$ 1.5
2	3.8 x 2	7.6/1.34 $\approx$ 5.7
3	5.0 x 2	10.0/1.34 $\approx$ 7.5

Tabela 4.3 - Tempo poupado depois das alterações

Operador	Atual (segundos)	Futuro (segundos)	Poupança (segundos)
1	19.4 x 10 = 194	1.5 x 10 = 15	179
2	122	57	65
3	104	75	29
Total	420	147	273



Figura 4.7 - Sistema de abastecimento frontal



Figura 4.8 - Operação com abastecimento frontal

- Vantagem

Considera-se que um ciclo é o movimento do operador, ou seja, o transporte da matéria-prima desde a caixa até embalagem. Este tipo de sistema permitiu um aumento da velocidade de abastecimento, em média, de 15 ciclos para 20 ciclos por minuto, dependendo do tipo de produto. Este aumento deveu-se à diminuição da distância que as mãos do operador têm de percorrer para abastecer o filme termoformado e também devido à diminuição das distrações por parte dos operadores, ou seja, com este sistema os operadores não estavam direcionados uns para os outros, estavam sempre direcionados para o produto. Este sistema também permitiu aos operadores prepararem visualmente o que vão recolher de seguida, enquanto no sistema atual, isso só acontece quando fazem a rotação do tronco.

- Desvantagem

Apesar de este sistema apresentar várias vantagens, alguns operadores queixaram do esforço por parte das suas costas. Como podemos verificar na figura 4.8, o operador necessita de curvar as suas costas para conseguir recolher o produto da caixa, especialmente quando

tem de recolher do fundo da caixa. É de referir que a estrutura utilizada não permitia que a caixa se aproximasse mais do operador.

- Conclusão

Conclui-se assim que um sistema de abastecimento frontal aumenta a produtividade dos operadores, mas é preciso resolver o problema de postura do operador que este sistema apresenta.

- Evolução do sistema frontal

A fase seguinte da resolução deste problema, começou pelo estudo de sistemas de abastecimento frontal, mas que não tenham o problema do sistema anterior.

Após algum estudo e discussão com vários responsáveis e operadores de linha, conseguiu-se idealizar dois sistemas possíveis.

O primeiro é um sistema idêntico à solução anterior, no entanto dois operadores operam de um lado da linha e os outros dois do outro. Na figura 4.9 e 4.10 está representada a solução proposta.

Com esta solução tira-se proveito das vantagens do abastecimento frontal e a aproximação da caixa ao operador anula o problema da solução anterior. Esta solução consiste em tapetes de rolos para que o abastecimento das caixas com matéria-prima seja possível com apenas um operador.

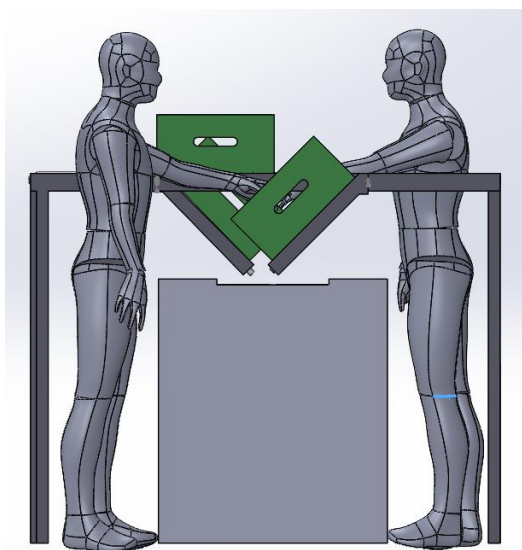


Figura 4.9 - Vista lateral do sistema de tapete de rolos

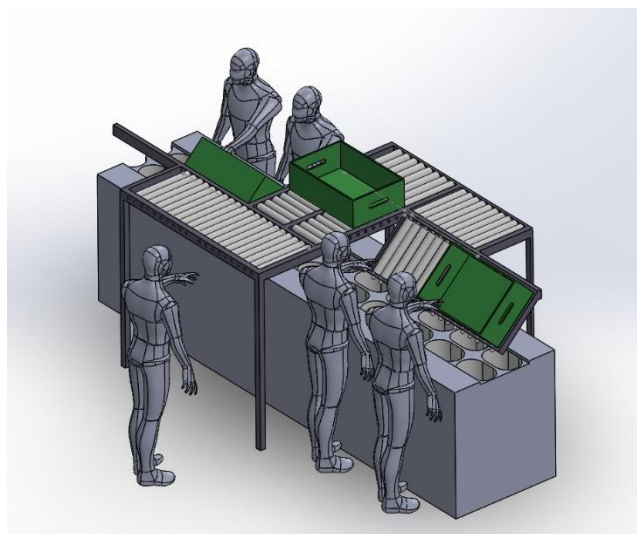


Figura 4.10 - Vista isométrica do sistema de tapete de rolos

4.1.2.3. Proposta de melhoria para o problema de comunicação

Como foi referido anteriormente, este problema foi dividido em dois, problema de comunicação dentro da linha de produção e fora da linha de produção. Para o problema de comunicação dentro da linha, a proposta de melhoria consiste em um sistema digital, ou seja, um ecrã na zona de inspeção e outro ecrã na zona de abastecimento.

O ecrã passaria algumas informações, como por exemplo, a massa de produto por embalagem; o número de embalagens restantes, para evitar sobreprodução; e o tipo de produto seguinte, para evitar paragens.

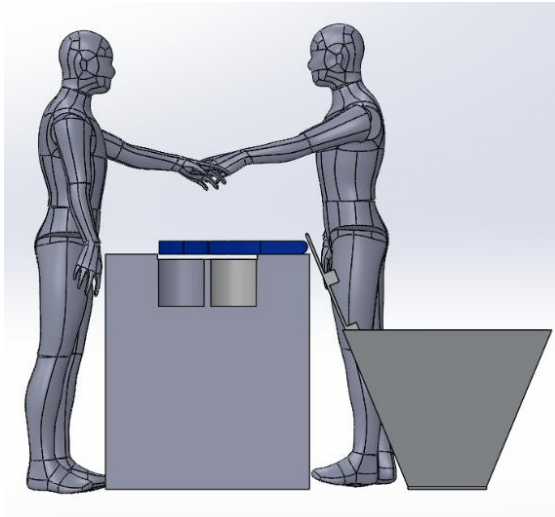


Figura 4.11 - Vista lateral do sistema de tulla

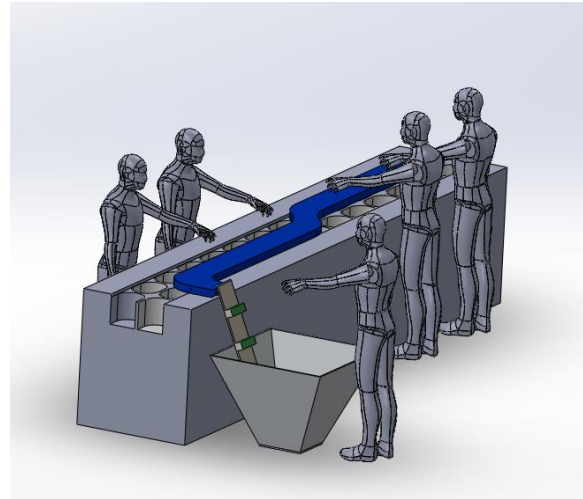


Figura 4.12 - Vista isométrica do sistema de tulla

Em relação ao problema de comunicação externo, a solução proposta é a integração do sistema anterior com um sistema que permita o fluxo de informação entre todas as equipas. Assim, a equipa de planeamento passaria a informação da produção para a linha e esta equipa saberia em tempo real a produção e as paragens imprevistas. A equipa de monitorização, poderia utilizar a informação da produção em tempo real, para no dia seguinte informar o coordenador sobre a produtividade do dia anterior. Esta produtividade é posteriormente utilizada para preencher o evento *kaizen* que irá ser discutido na secção 4.5. A equipa de movimentação saberia quais as linhas estavam a precisar de material urgente e assim evitavam-se paragens. É de referir que 10 a 20 por cento das paragens diárias, se devem a paragens devido a falta de material na linha. A figura 4.13 demonstra o fluxo de informação proposto entre as várias equipas.

Concluindo, esta proposta sugere uma unidade mais informada, com maior fluxo de informação para evitar erros e tempo perdido.

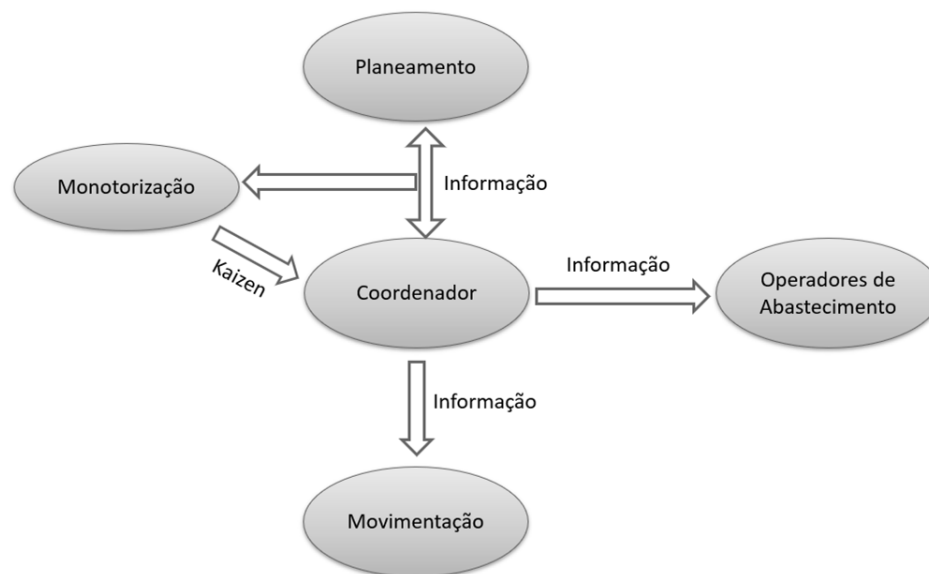


Figura 4.13 - Fluxo de informação proposto

4.1.2.4. Proposta de melhoria para o problema de controlo

Para o problema de controlo, foram idealizadas duas soluções possíveis. A primeira passa por um torniquete de passagem obrigatória, com leitor de cartões, à entrada e saída da fábrica, aproveitando os torniquetes já existentes. Assim, o responsável que controla os pontos, teria acesso a todas as pausas efetuadas por cada operador. A segunda solução consiste em colocar um leitor de cartões em cada linha de produção. Estas soluções permitiriam reduzir o excesso de tempo dos operadores fora das linhas de produção, ou seja, superior a 15 minutos permitido por lei. É de referir que alguns operadores estão entre 20 e 30 minutos, diariamente, fora das linhas.

4.1.3. Análise da linha termoformadora

O estudo desta linha de produção demorou cerca de dois meses. Durante este processo foi possível perceber quais eram os problemas de constrangimentos e responder com soluções, que foram explicitados anteriormente. De seguida, procedeu-se à elaboração dos 5S, ou seja, definir o local das paletes, rolos de filme, sacos do lixo, entre outros objetos.

Posteriormente, durante cerca de quatro semanas procedeu-se à aprendizagem de todos os postos da linha, desde o abastecimento até à rotulagem como também a resolução dos problemas mais comuns nesta.

Durante o processo anterior foi possível perceber alguns problemas da linha que serão apresentados de seguida e posteriormente foram estudadas formas de resolvê-los.

4.1.3.1. Rotatividade dos operadores

Um dos problemas inicialmente verificado foi a dependência de alguns operadores para alguns tipos de operações, principalmente na zona de rotulagem. Esta falta de rotatividade tinha duas consequências, a primeira era a existência de constrangimentos quando faltavam alguns operadores, algo que acontecia regularmente devido à pandemia Covid-19, e a segunda era a insatisfação de alguns operadores porque não lhes era dada a oportunidade de fazerem certos tipos de operações.

Relativamente aos problemas de rotatividade, os coordenadores afirmavam que alguns operadores não tinham responsabilidade nem perspicácia. É de referir que este problema de rotatividade não permitia aos operadores compreender as paragens que ocorriam diariamente nas outras zonas da linha.

Depois de algum trabalho juntamente com equipa, chegou-se à conclusão que seria possível haver esta rotatividade quando houvesse menor volume de encomendas. Assim, os coordenadores poderiam supervisionar o trabalho, permitindo a aprendizagem dos operadores e contribuir para a satisfação de todos os operadores da linha.

4.1.3.2. Elaboração dos 5S

Como foi referido anteriormente foi necessário definir os 5S para a linha termoformadora, para as três soluções, a atual e as duas anteriormente apresentadas.

Tendo em conta que a linha mudou de localização na empresa, já existia uma planta de 5S desatualizada, pelo que foi apenas necessário adaptar a planta às necessidades atuais.

Na figura 4.14 e 4.15 estão representados os 5S para as três situações.

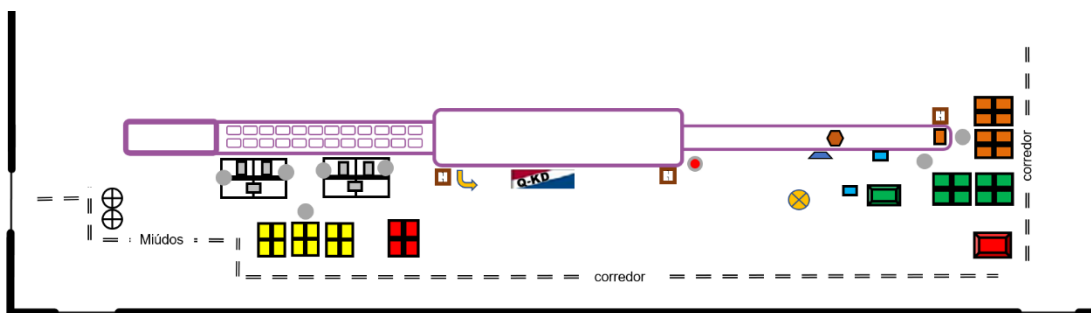


Figura 4.14 - 5S da linha termoformadora (solução atual)

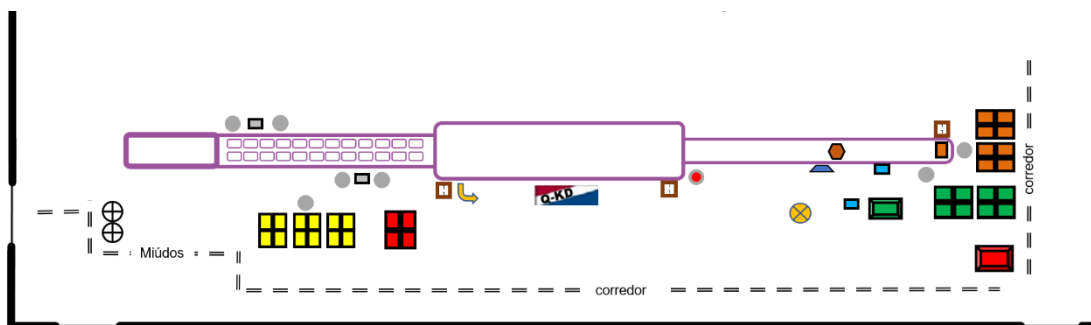


Figura 4.15 - 5S da linha termoformadora (soluções propostas)

4.1.3.3. Redução de desperdícios

Como se trata de uma empresa de transformação alimentar e como existe uma elevada exigência por parte dos clientes, os desperdícios em carne atingem as centenas de toneladas por ano. De forma a reduzir este desperdício, os operadores das linhas têm de fazer uma seleção do produto, ou seja, separar a classe A da classe B, a primeira refere-se ao produto conforme para o cliente e a segunda refere-se ao produto que volta à desmancha para ser aproveitado apenas algumas partes. Apesar de já haver uma escolha na desmancha é impossível que todo produto chegue às linhas pronto para ser embalado pelo que é extramente importante haver esta escolha.

Durante o estágio na linha verificou-se que os operadores deixaram de fazer esta separação pelo que diariamente enviavam-se cerca de 100 quilogramas de produto para subproduto. Depois de algumas reuniões com a equipa, chegou-se à conclusão de que o produto deveria voltar à desmancha para ser reaproveitado.

Com esta intervenção conseguiu-se reduzir o desperdício na linha para valores inferiores a cinco quilogramas diários, ou seja, foi possível enviar para reaproveitamento aproximadamente 95 quilogramas por dia de produto.

Tendo em conta que a secção da desmancha consegue reaproveitar cerca de 30% do produto B, conclui-se que foi possível recuperar cerca de 28,5 quilogramas por dia de produto.

Concluindo, juntamente com a equipa foi possível reduzir a quantidade de produto que acaba no lixo, aumentar o lucro para a empresa e contribuir para um ambiente mais sustentável.

4.1.3.4. Simulação de solução de abastecimento

Na última semana de estudo na linha termoformadora realizou-se uma simulação da solução de tapete de rolos, apresentada na secção 4.1.2.2. A solução da tulha demonstrou ser a mais atrativa para a administração, deste modo foi necessário realizar uma simulação para a provar que o sistema de tapete de rolos era o mais benéfico. Esta simulação teve como objetivo analisar a produtividade do sistema frontal e avaliar a postura dos operadores neste tipo de abastecimento.

A simulação consistiu na utilização dos operadores para segurem as caixas, simulando a estrutura desenhada, tendo uma duração de aproximadamente trinta minutos. Nas figuras 4.16 e 4.17 estão representadas a maquete da simulação e a simulação, respetivamente.

O sistema permitiu um aumento de produção de 15 para 20 ciclo por minutos, tal como o sistema inicialmente testado e o feedback dos operadores foi bastante positivo. Assim concluiu-se que o investimento numa solução deste tipo é benéfico visto que irá aumentar a produtividade da linha e irá melhorar as posturas dos operadores. Esta simulação permitiu perceber que é possível implementar um abastecimento de sistema frontal que não seja prejudicial ergonomicamente.

Com esta simulação foi possível provar à administração que o sistema de tapete de rolos é viável, e deste modo é possível reduzir o capital investido.

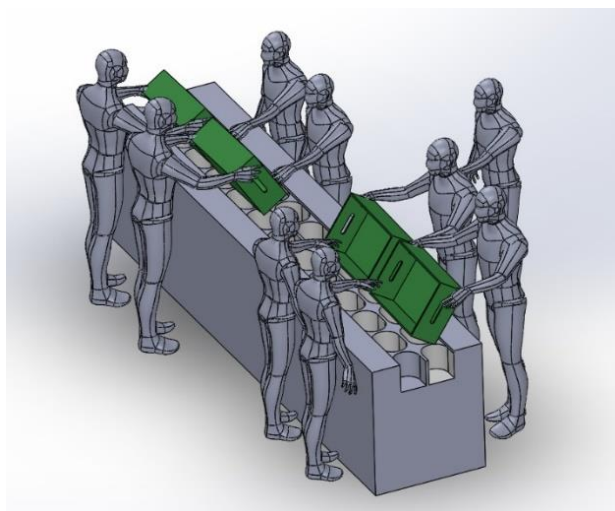


Figura 4.16 - Maquete da simulação



Figura 4.17 - Simulação do sistema de abastecimento

4.1.3.5. Paragens devido a estrangulamento (Trabalho Futuro)

Os focos neste tópico são a paragem da rotuladora devido à falta de produto, consequente da paragem do abastecimento, e a paragem do abastecimento devido à falta de espaço na zona de rotulagem.

Os postos de trabalho não são balanceados, ou seja, o abastecimento depende da velocidade dos operadores, do tipo de produto e a rotulagem tem uma velocidade constante, ou seja, as duas zonas operam a velocidades diferentes.

Considera-se um ciclo, a saída da embalagem da termoformadora. Foi possível verificar que a velocidade máxima do abastecimento é de 6,3 ciclos por minuto e que a velocidade máxima de rotulagem é de 6,5 ciclos por minuto, no entanto é raro o abastecimento atingir esta velocidade. Normalmente o abastecimento opera a uma velocidade entre os 3 e os 5,5 ciclos por minuto. Esta variação deve-se ao número de pessoas disponível na linha e ao tipo de produto.

Apesar da rotulagem operar a uma velocidade superior, por vezes o abastecimento tem de parar devido à falta de espaço na zona de rotulagem. Isto acontece quando se procede à programação da rotuladora, nos momentos em que se troca de produto ou quando os rolos acabam. Concluiu-se que a cada troca de produto existe uma paragem de 3 a 5 minutos e que uma substituição de rolo demora entre 3 a 5 minutos.

Para reduzir este tipo de perdas de tempo, sugere-se a criação de um armazenamento interno, ou seja, um buffer. De modo a simular este armazenamento, colocou-se um operador a retirar o produto da linha e a colocá-lo em caixas. O objetivo seria permitir que a zona de abastecimento nunca parasse, ou seja, mesmo que a houvesse troca de produto ou substituição do rolo, o abastecimento nunca parasse.

A partir desta simulação foi possível concluir que o buffer permitiria eliminar os desperdícios de espera da zona de abastecimento.

Conclui-se assim que um buffer na linha tem inúmeras vantagens, desde o aumento da produção até à diminuição das paragens. Por outro lado, um sistema como foi pensado para a simulação não é o ideal porque é uma operação exige muito esforço do operador, pelo que futuramente deve-se estudar num sistema de armazenamento diferente.

4.1.4. Pequenas Melhorias

Ao longo do estudo na linha termoformadora procedeu-se à melhoria de alguns procedimentos que irão ser apresentados de seguida. A primeira é referente às figuras 4.18 e 4.19. No final do turno, a equipa realizava a limpeza da máquina e deixava o filme termoformado tal como está representado na figura 4.18. Como consequência, o turno seguinte tinha um tempo de *set-up* entre 10 a 15 minutos, porque tinha de retirar o filme cheio de água e por vezes a água acabava por ir para a parte da máquina que faz a selagem das embalagens, o que fazia com que as embalagens ficassem mal seladas até que esta secasse. Assim, depois de uma



Figura 4.18 – Máquina, no fim do turno, antes das alterações



Figura 4.19 – Máquina, no fim do turno, depois das alterações

reunião com o primeiro turno, ficou estabelecido que se passaria a retirar o filme no final do turno, tal como está representado na figura 4.19.

É de referir que este filme apenas era retirado uma vez por semana para limpeza e agora com as alterações é possível realizar uma limpeza diária, o que permite que a probabilidade de contaminação diminua significativamente.

A segunda melhoria é referente às figuras 4.20 e 4.21. Sempre que se procedia à limpeza da máquina no final do turno, os operadores lavavam e deixavam os tapetes a escorrer em cima da estrutura do abastecimento, tal como está representado na figura 4.20. Depois de reunir com o departamento de qualidade, chegou-se à conclusão de que o que estava a acontecer não era correto, visto que a estrutura é para caixas com matéria-prima, e que se corria o risco de contaminação.

Assim, depois de uma reunião com a equipa da linha, ficou estabelecido que se deixava de colocar os tapetes na zona das caixas com matéria-prima e que se passava a colocar na zona das caixas para subproduto, ou seja, na zona inferior, tal como está representado na figura 4.21.

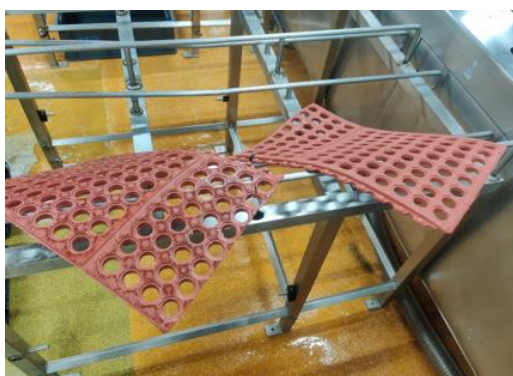


Figura 4.20 - Limpeza dos tapetes depois das alterações

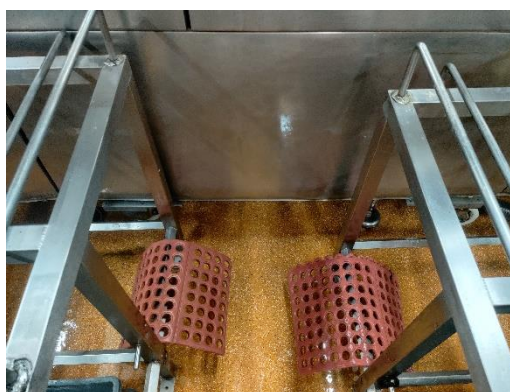


Figura 4.21 - Limpeza dos tapetes antes das alterações

4.2. Linha de Embalagem A

4.2.1. Problema linha de embalagem A

Como foi referido anteriormente, o maior problema desta linha é o elevado esforço por parte dos operadores da linha e é importante referir que a média de idades dos operadores é superior a 50 anos, têm alturas inferiores a 1,60 metros, 85% dos operadores são do sexo feminino e frequentemente a maioria destes operadores recorre à baixa de trabalho. Também é importante referir que os operadores necessitam de retirar as caixas que se encontram a uma altura entre os 50 centímetros e os dois metros e que cada caixa tem entre 10 a 15 quilogramas. Como é possível verificar na figura 2.3, referente aos limites recomendáveis, verifica-se que o peso das caixas é muito elevado, pelo que é possível concluir que esta é uma atividade de risco para os operadores, sendo este mais acentuado nos operadores do sexo feminino. Na figura 4.22 está representado o subprocesso I.

A partir da figura 4.22 pode-se verificar que o operador levanta pesos acima do nível da cabeça e transporta caixas manualmente. Estas duas atividades são produzidas por todos os operadores durante todo o dia de trabalho.

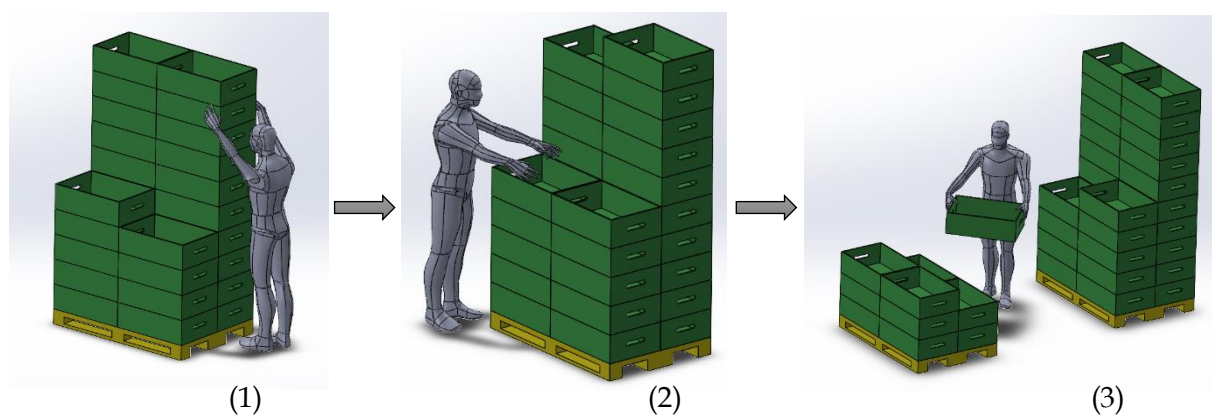


Figura 4.22 - Representação do subprocesso I

4.2.2. Solução para o subprocesso I

De modo a melhorar as posturas dos operadores, estudou-se um tapete no qual os operadores pudessem fazer menos esforços. Com este tapete, um operador (com mais capacidade física), retira as caixas da paleta e coloca-as no tapete. De seguida, outros dois operadores colocam os miúdos no frango. Quando as caixas estiverem prontas, o primeiro operador coloca-as noutra paleta.

De acordo com a tabela 2.1, referente aos percentis, demonstra que as pessoas do sexo masculino tendem a ser mais altas e de acordo com a figura 2.3, referente aos limites recomendáveis, também demonstra que para cargas levantadas, acima dos ombros ou dos cotovelos, entre os 10 a 15 quilogramas, não são recomendadas para pessoas do sexo feminino. Consequentemente, sempre que esteja disponível, dever-se optar por um operador de abastecimento do sexo masculino.

O sistema idealizado está demonstrado na figura 4.23 e na figura 4.24 está representado o sistema implementado na unidade.

No dia da instalação deste tapete na linha de embalagem, a resistência por parte dos operadores foi muita, pelo que convencê-los que a solução traria muitas vantagens não foi um processo fácil.

No fim de uma semana de trabalho, foi feito um inquérito a todos os operadores da linha para se compreender se o tapete tinha os ajudado e para analisar se havia oportunidades de melhoria.

O feedback de todos os operadores foi muito positivo, alguns afirmaram que já conseguiam dormir melhor e que as dores ao final do dia eram significativamente menores.

Passado muito pouco tempo, os operadores adaptaram-se e o tapete por vezes estava ocupado por cinco operadores, um a abastecer o tapete e quatro a encher o frango. Consequentemente, quando o primeiro operador retira a caixa do tapete, o operador de enchimento

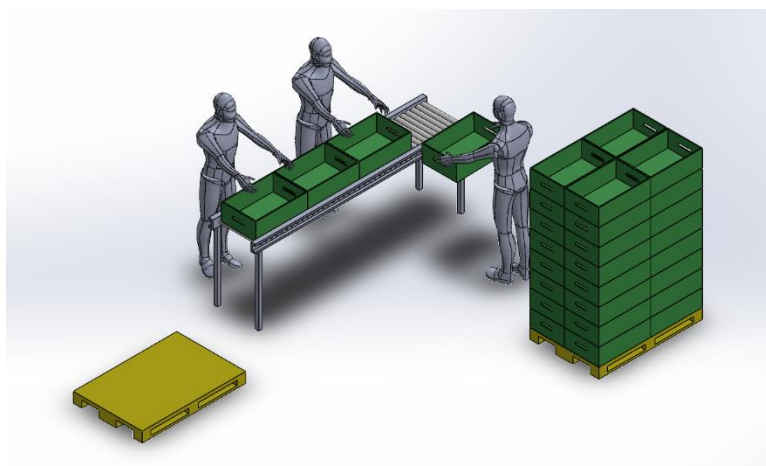


Figura 4.23 - Sistema proposto para a linha de embalagem A



Figura 4.24 - Sistema proposto implementado

não pode iniciar de imediato a próxima caixa, porque passou a estar ocupada por outro operador.

Como seria de esperar, esta mudança teve um impacto na produtividade da linha. Devido às dimensões do tapete serem reduzidas, parte dos operadores continuaram a operar no método antigo, pelo que foi possível analisar em tempo real a diferença de velocidade dos processos.

Concluiu-se que houve um aumento no tempo de preparação de uma paleta de 16,50 para 18,00 minutos por paleta, ou seja, o tapete desenvolvido diminuiu a produção/hora-Homem, de 0,91 para 0,83, no entanto as posturas dos operadores melhoraram bastante. Esta diminuição deveu-se à sobrecarga do tapete (muri) que aconteceu porque todos os operadores queriam operar no tapete implementado. O tapete que estava dimensionado para três operadores passou a ser utilizado por quatro a cinco operadores. Esta sobrecarga fazia com que os operadores tivessem de esperar que o operador de abastecimento retirasse as caixas com produto acabado e que de seguida abastece-se a linha com matéria-prima. No entanto, o cansaço dos operadores ao longo do dia será menor e consequentemente existirão menos baixas profissionais. Idealmente, o operador que abastece o tapete não deverá ser sempre, ou seja, é importante que haja uma substituição regular deste para que o risco de lesão seja significativamente inferior.

Sempre que possível os operadores devem-se ajudar a transportar as caixas. Tal como demonstra a tabela 2.2, referente às recomendações para o levantamento de cargas com múltiplos operadores, o transporte de uma caixa até 15kg por duas pessoas representa o risco baixo de lesão.

4.2.3. Oportunidades de melhoria

A partir do feedback dos operadores e de alguma análise, concluiu-se que era possível melhorar o sistema implementado.

A primeira melhoria seria o aumento das dimensões do tapete, permitindo que os operadores do enchimento fiquem sempre com uma caixa disponível para iniciarem quando terminam uma caixa. Desta forma, poder-se-ia reduzir o tempo de espera e consequentemente

aumentar a produtividade para 0,96 produção/hora. Homem, ou seja, 15,60 minutos por pa-lete.

A segunda oportunidade de melhoria, seria introdução de um transportador de rolos. Desta forma, o operador em vez de colocar as caixas na paleta, colocava-as neste transportador que levava as caixas diretamente para o subprocesso II. Assim deixaria de haver a necessidade de um movimentador transportar a paleta para este subprocesso.

4.3. Linha de embalagem em ATP

4.3.1. Oportunidades de melhoria

Tal como foi referido anteriormente, a linha de embalagem tinha sido estudada e desenvolvida pouco tempo antes do início do estágio pelo que este estudo foi o mais demorado.

Foram encontradas duas oportunidades de melhoria nesta linha, a primeira refere-se à rotação da cuvete automaticamente, de modo que esta fique orientada na posição correta para ser rotulada conforme as especificações e a segunda consiste na separação automática da asa direita e esquerda de modo a facilitar o processo de enchimento das cuvetes.

4.3.1.1. Rotação automática de cuvetes

Tal como foi referido anteriormente, em alguns produtos é necessário rodar as cuvetes para que esta seja rotulada conforme as especificações. Sempre que é necessário fazer esta operação, um operador da zona de abastecimento tem de se deslocar para a zona de rotulagem, para que não ocorram constrangimentos.

De acordo com vários responsáveis na unidade, esta rotação apenas poderia ser realizada com um robô porque as cuvetes saem da embaladora com a margem mais curta voltada para a frente, ao contrário de outras embaladoras em que as cuvetes saem da embaladora com a margem mais larga. Estas duas condições foram desenhadas e estão representada nas figuras 4.25 e 4.26. Na figura 4.25 está representado o sistema em que as cuvetes saem da embaladora com a margem mais larga. Este sistema já é utilizado na unidade e funciona na perfeição. Na figura 4.26 está representado o sistema em que as cuvetes saem da embaladora com a margem mais curta. Este sistema não está implementado na unidade porque é definido como impossível pelos responsáveis da manutenção, ou que a taxa de sucesso é baixa e não evita o uso de um operador adicional.

Apesar destas informações, procedeu-se à tentativa de rodar de um modo idêntico à da figura 4.26. Depois de alguns dias a experimentar com objetos provisórios (fita cola, cartão e cabos de aço), foi possível demonstrar que é possível rodar as cuvetes sem o auxílio de um robô. Nas figuras 4.27 e 4.28 é possível verificar o sistema utilizado e o sucesso desse sistema.

O sistema implementado permite uma taxa de sucesso superior a 85 por cento (10 cuvetes em cada 12), no entanto, com a implementação de um sistema com afinação e mais sofisticado seria possível aumentar esta taxa.

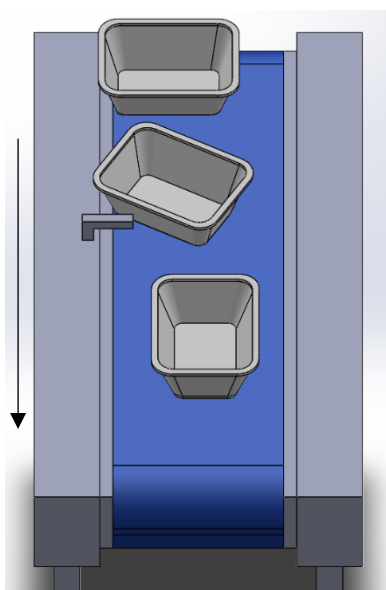


Figura 4.25 - Rotação pela margem mais larga

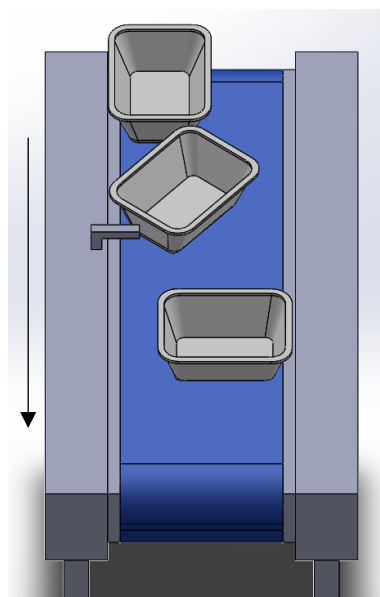


Figura 4.26 - Rotação pela margem mais curta



Figura 4.27 - Sistema proposto A



Figura 4.28 - Sistema proposto B

A implementação deste sistema em todas as linhas que sofrem deste problema, irá permitir uma poupança de aproximadamente 3 mil euros por linha, visto que deste modo não é necessário implementar um robô em cada linha, (custo do robô e custo de adaptação dos tapetes a este), como também pela redução de um operador em cada linha.

4.3.1.2. Separação da asa na desmancha

Esta oportunidade de melhoria surgiu quando se procedia à realização do trabalho do operador na linha, neste caso, o enchimento da asa.

A asa demonstra ser um produto de difícil enchimento visto que se tem de proceder à separação da asa direita e esquerda, por cuvete, para que estas se encaixem umas nas outras. Deste modo, os operadores de linha sempre que retiram a uma asa da caixa têm de verificar a sua posição e se esta está conforme (vermelhidão e asa partida). Se fosse possível a asa vir

separada para a linha, os operadores deixariam de se preocupar com dois fatores e passariam a preocupar-se com um fator.

Foi idealizado um projeto que consistia numa pequena alteração na linha da desmancha. Esta alteração teria o objetivo de impedir que as asas quando eram cortadas se misturassem. Assim, no fim do processo, seria possível ter paletes com metade das caixas com asa direita e metade das caixas com asa esquerda.

Para se compreender o impacto desta separação na linha, procedeu-se à separação manual das asas em dois dias diferentes. Separaram-se nos dois dias, uma paleta, metade com asa separada e a outra metade deixou-se no seu estado normal. É de referir que na primeira, toda a asa não conforme foi distribuída aleatoriamente pelas caixas para não afetar os resultados.

De seguida, procedeu-se à cronometragem dos tempos de enchimento da asa nas duas condições. Na figura 4.29 está representado um gráfico com as velocidades de enchimento nos dois dias. É de referir que o número de operadores a encher as cuvets foi o mesmo.

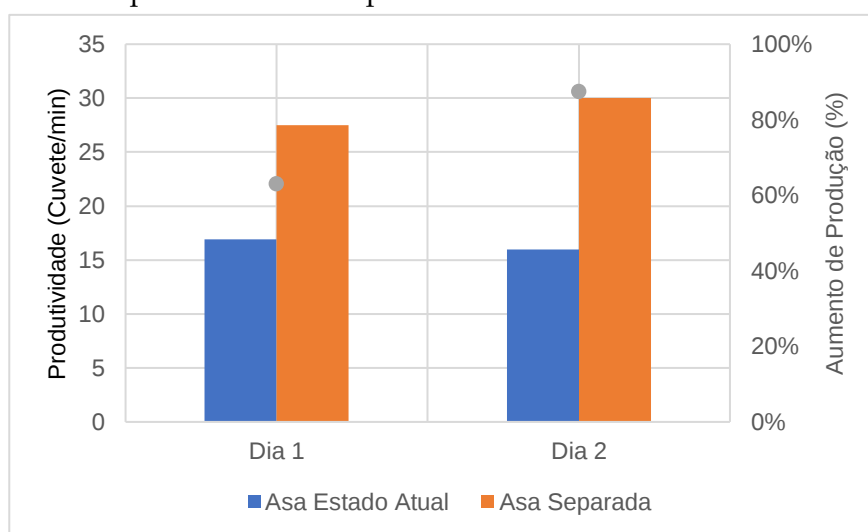


Figura 4.29 - Produtividade e aumento de produtividade do estudo da asa

Concluiu-se que com a asa separada a produtividade aumentou nos dois dias de experimentação. No primeiro dia, a separação da asa aumentou de 17 para 28 cuvets por minuto, e no segundo dia, aumentou de 16 para 30 cuvets por minuto. O feedback de todos os operadores também foi bastante positivo. Os operadores referiram que com a asa separada é muito mais fácil encher as cuvets, o que acaba por contribuir para a diminuição do número de tarefas dos operadores.

O passo seguinte foi analisar e avaliar a separação da asa automaticamente na desmancha. O conceito do projeto referido anteriormente é muito simples, apenas seria necessário implementar uma separação no tapete e na zona do corte da asa.

No entanto, devido à falta de espaço ter-se-ia de se optar por apenas uma classificação de asa. Este processo classifica a asa em 4 tipos, consoante o seu aspeto visual:

- Asa classe A++
- Asa classe A+
- Asa classe A
- Asa classe B

Posteriormente foi necessário decidir qual a asa que deveria ser separada. Recorrendo a cronometragem à atividade de separação em classes na desmancha, foi possível verificar que a asa tipo A tinha um output muito superior às restantes. A asa tipo A consistia em aproximadamente 80% de toda a asa que sai da desmancha, pelo que será esta que deverá ser separada.

Para melhor visualização do projeto idealizado procedeu-se a uma simulação no SolidWorks, projeto este que foi apresentado posteriormente aos responsáveis da unidade. Na figura 4.30 e 4.31 está representado o estado atual da linha da asa na desmancha e na figura 4.32 está representado o seu estado futuro.

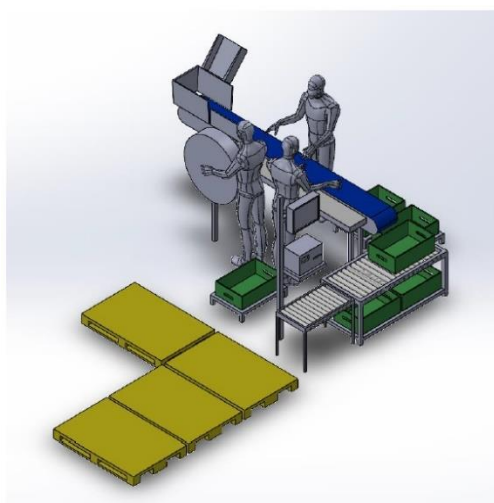


Figura 4.30 - Estado atual da desmancha da asa

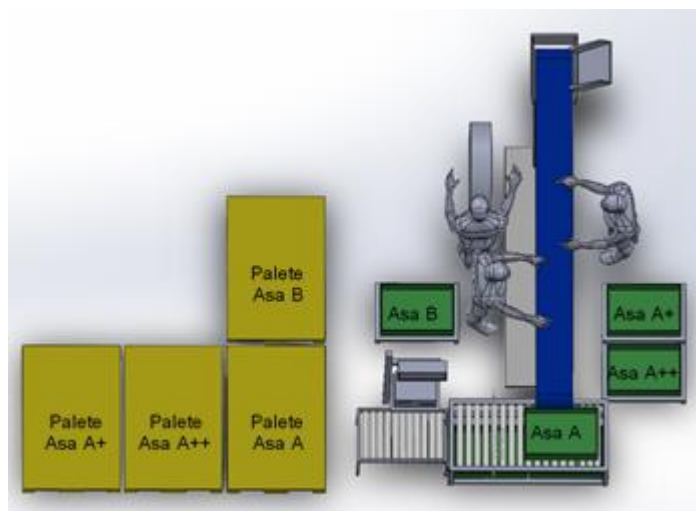


Figura 4.31 - Distribuição das caixas e paletes de asa

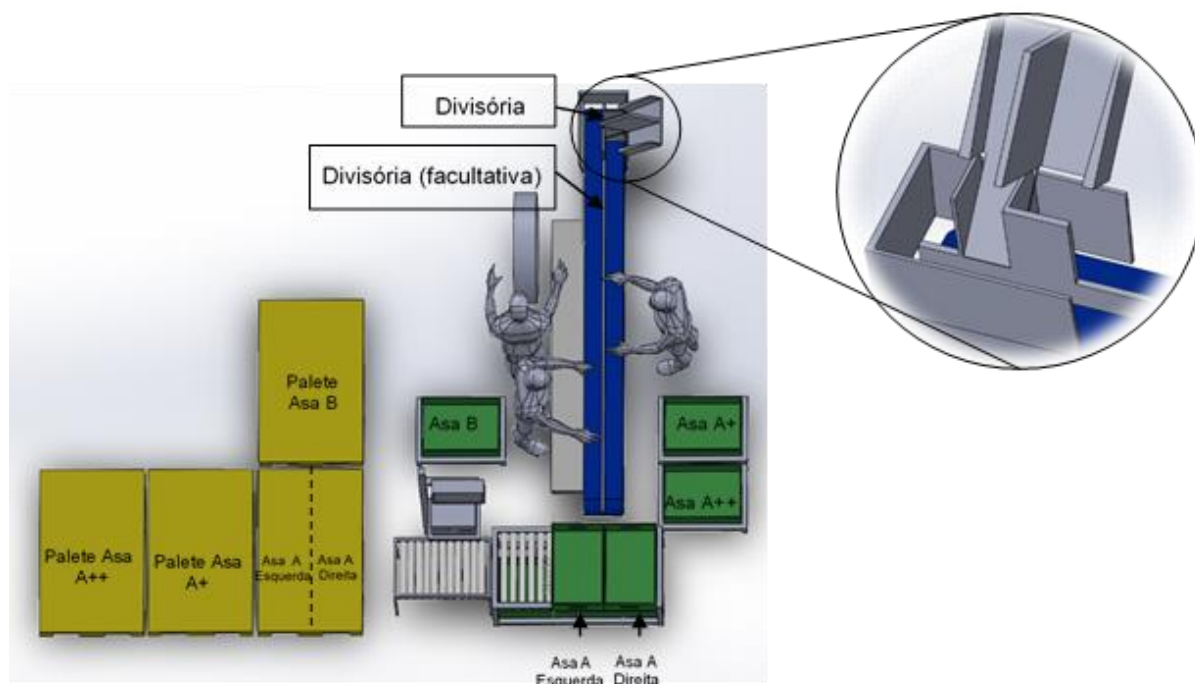


Figura 4.32 - Estado futuro da desmancha da asa

4.3.2. Elaboração dos 5S

Como foi referido anteriormente, a linha de embalagem em ATP é muito recente pelo que ainda não havia nenhum documento com os 5S. Deste modo, em conjunto com o departamento da qualidade, da segurança e do ambiente, desenvolveram-se os 5S. O objetivo era criar uma planta para uma melhor organização da linha e que todos os departamentos estivessem de acordo. Os 5S estão representados na figura 4.33.

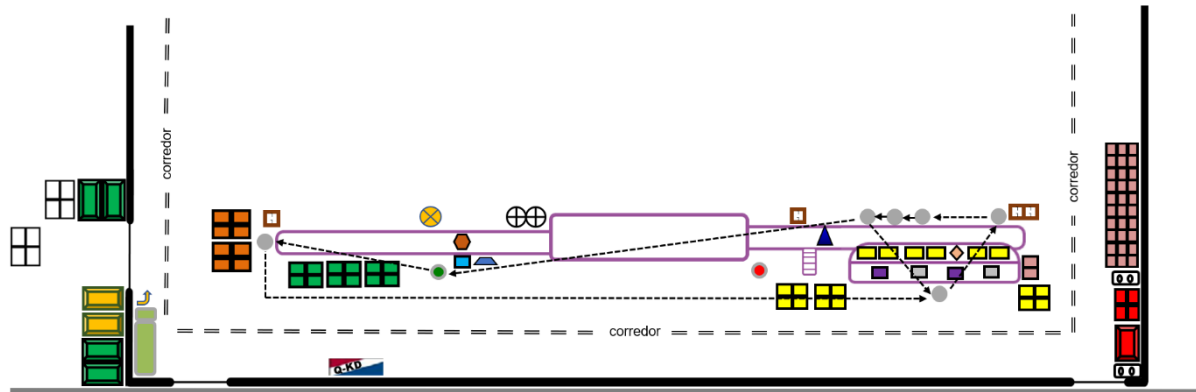


Figura 4.33 - 5S da linha de embalagem em ATP

4.4. Linha de embalagem B

Tal como foi referido anteriormente, o estudo da linha de embalagem B ocorreu durante o estudo da linha de embalagem em ATP. Recorreu-se ao software Solidworks para uma melhor visualização do processo. Na figura 4.34 está representado o estado atual da linha de embalagem B.

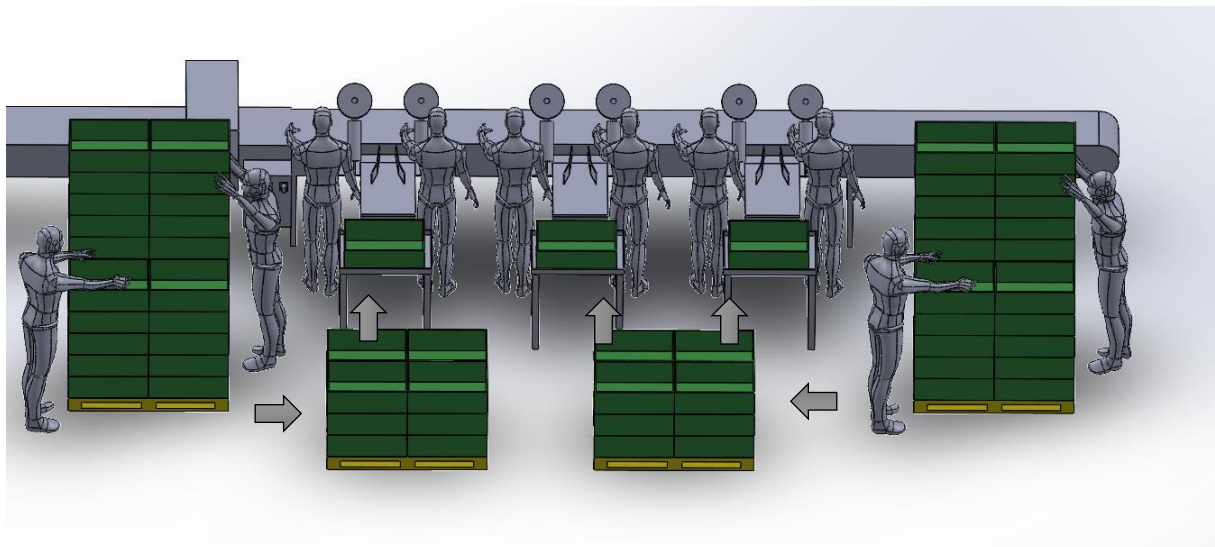


Figura 4.34 - Estado atual da linha de embalagem B

4.4.1. Proposta e solução para o subprocesso I

De modo a melhorar as posturas dos operadores na linha de embalagem B, idealizaram-se dois tapetes. Nas figuras 4.35 e 4.36 está representado o sistema proposto. O primeiro tapete

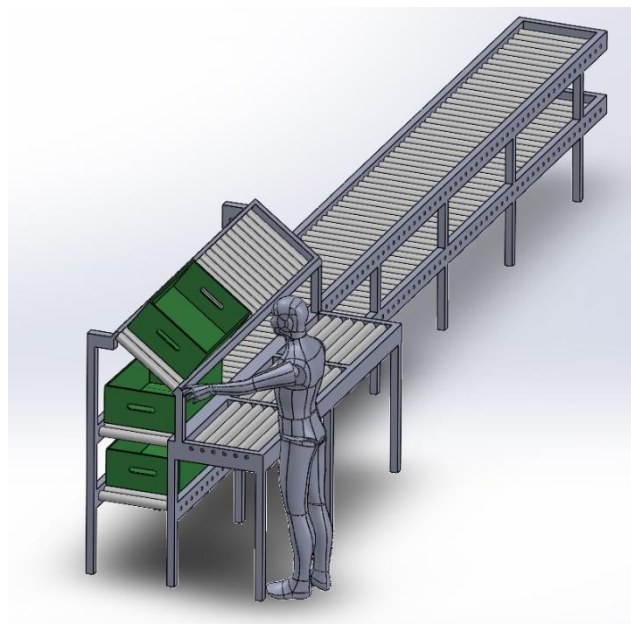


Figura 4.35 - Solução para sistema de abastecimento da linha de embalagem B

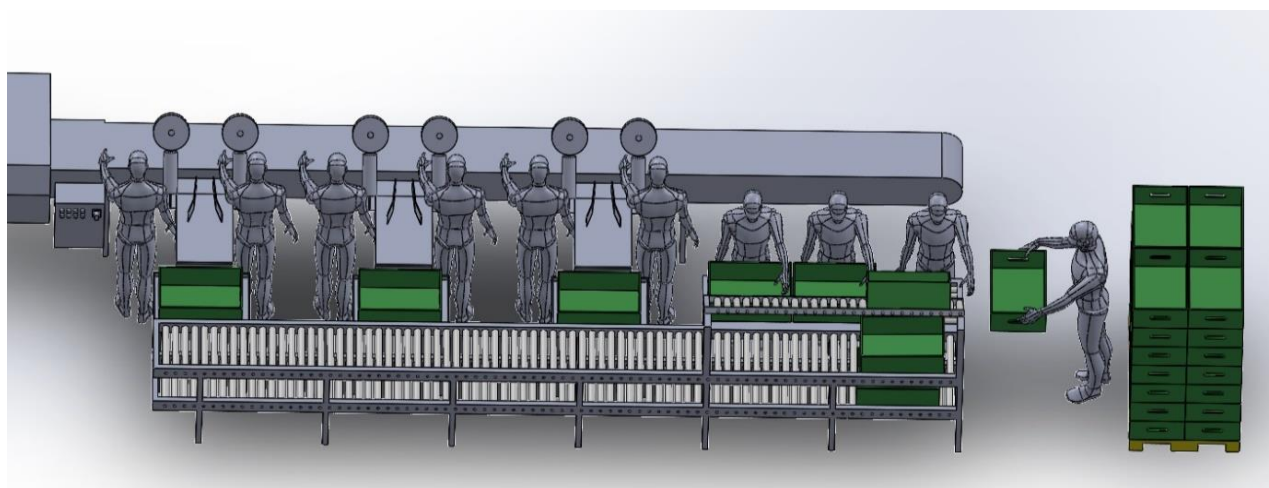


Figura 4.36 - Maquete do sistema proposto para a linha de embalagem B

(A) será mais pequeno e deverá servir para encher o frango com miúdos. Quando a caixa estiver pronta, os operadores deverão empurrar a caixa para o segundo tapete (B) que abastecerá as três máquinas.

O segundo tapete terá um tapete num nível superior (C), no qual estarão os miúdos para os operadores encherem o frango e terá um tapete num nível inferior (D), no qual deverão voltar as caixas vazias.

O tapete (A) deverá ser abastecido, sempre que possível, por um operador de estatura mais forte, tendencialmente do sexo masculino.

Assim, o sistema terá um operador a abastecer o primeiro tapete com caixas com frango e o tapete no nível superior com os miúdos, e deverá arrumar as caixas vazias em paletes que

estarão no tapete no nível inferior. O sistema terá três operadores a encher o frango com miúdos no primeiro tapete e terá os seis operadores nas máquinas tal como acontecia no sistema inicial.

Todo este estudo foi apresentado aos responsáveis e acabou por se concluir que seria possível aproveitar um tapete já existente em outra unidade, apenas seria necessário adaptá-lo às necessidades.

No fim das alterações teve de se fazer algumas adaptações ao conceito inicial. Neste sistema, o tapete A e B não se alteram, o tapete C ficou paralelo com o tapete (B) e mais comprido, no qual deverão voltar as caixas vazias e o tapete para os miúdos deixou de existir. Os miúdos deverão ficar em suportes para caixas na parte de trás dos operadores.

Nas figuras 4.37 e 4.38 está representada a linha antes e depois das alterações

Depois das alterações foi necessário medir o impacto destas na produtividade e perceber se este sistema foi uma mais-valia para os operadores.



Figura 4.37 - Linha de embalagem (antes das alterações)



Figura 4.38 - Linha de embalagem (estado atual)

Este sistema, ao contrário do anterior, afetou positivamente o processo de enchimento devido ao facto de já não ser necessário preparar uma paleta de pré-embalamento. Concluiu-se que houve uma redução de cinco minutos na preparação da mesma quantidade de caixas de uma paleta de matéria-prima. Esta redução deveu-se à redução do desperdício de espera, de transporte de pessoas e caixas e de movimentação desnecessária. Esta solução cria um fluxo que permite que o material esteja no local correto, no tempo certo e possibilita ao operador do abastecimento tempo para recuperar da fadiga, visto que ele tem de esperar que os operadores do enchimento acabem a tarefa e permite uma redução da fadiga dos operadores de enchimento.

Em relação às posturas dos operadores, o feedback foi bastante positivo apesar do espaço de trabalho entre os operadores ter diminuído. Este sistema acabou por superar as expectativas devido ao ganho de produtividade e à melhoria das posturas dos operadores.

4.5. Evento Kaizen

Durante o estudo na linha de embalagem em ATP, procedeu-se à reativação do *kaizen*. Esta metodologia já tinha sido implementada na unidade em 2015, no entanto, a partir de 2019

começou a cair em desuso. Deste modo, juntamente com os operadores de linha, com os responsáveis de produção e com os departamentos da qualidade, segurança e ambiente, criaram-se novos documentos para afixar nos quadros para o evento *kaizen* nas linhas.

Procedeu-se à elaboração dos seis documentos seguintes:

- **Folha de presenças (Documento Atualizado);**

A folha de presenças tem o objetivo de controlar a assiduidade e pontualidade dos operadores em cada mês. Esta folha permite aos responsáveis e aos operadores ter uma visão mais geral do mês. O documento foi impresso e plastificado para poder ser reutilizado todos os meses. No início de cada mês, os responsáveis devem de indicar os dias de férias dos operadores da linha de modo a facilitar a organização do coordenador. Este documento também indica os postos de trabalho na linha que cada operador poderá ocupar.

- **5S (Documento Atualizado);**

O documento dos 5S contém a distribuição de todas os objetos e ferramentas da linha. Os 5S permitem uma melhor organização da linha o que permite uma redução dos desperdícios de transporte, neste caso, de operadores, porque as ferramentas estarão em locais próximos dos operador.

- **Controlo de acidentes de trabalho (Documento Novo);**

Este documento foi desenvolvido em conjunto com o departamento de segurança. O objetivo deste documento foi integrar o departamento nas linhas de produção com o objetivo de diminuir o número de acidentes de trabalho nestas. Neste documento consta a descrição do acidente, a causa, a lesão e a ação corretiva. Esta informação deverá ser atualizada sempre que ocorra um acidente de trabalho.

- **Controlo de desperdícios (Documento Novo);**

De modo a reduzir os gastos foi desenvolvido este documento com o departamento do ambiente. Mais uma vez, este documento foi criado para integrar o departamento nas linhas de produção e para sensibilizar os operadores em relação ao desperdício. Neste documento consta os gastos de água, de energia e de resíduos. Esta informação deverá ser atualizada mensalmente.

- **Controlo de reclamações (Dep. Qualidade);**

O documento existente apenas consistia em linhas que serviriam para dar informações às linhas sobre as reclamações, no entanto este foi um dos primeiros documentos a deixar de ser utilizado. Devido à falta de suporte e disponibilidade deste departamento, não foi possível criar um documento para substituir o existente. Este controlo seria muito importante visto que as reclamações na unidade são diárias e por vezes não são evitadas devido à falta de formação e informação nas linhas de produção.

- **Análise dos KPI's (Documento Novo).**

Este documento foi desenvolvido de raiz a partir de dados do software de gestão da unidade. Anteriormente, os KPI's eram analisados sob forma de gráficos que eram contruídos diariamente pelos coordenadores de linha. Esta prática caiu em desuso porque como as linhas entram entre as seis e as sete horas da manhã é impossível que os dados estejam disponíveis antes da abertura das linhas. Assim, os coordenadores têm de sair do seu posto de trabalho para contruir os gráficos e depois os operadores acabam por não seguir a evolução do gráfico

porque a produção não pode parar. O documento criado consiste em dois gráficos (produtividade e número de não conformes, por dia) que é atualizado semanalmente. Deste modo, no início da semana os operadores têm os gráficos disponíveis na abertura das linhas e assim é possível realizar as reuniões antes do início da produção.

No fim da elaboração dos documentos, integraram-se os departamentos nos quadros *kaizen* e formaram-se as pessoas para se iniciar as reuniões *kaizen* semanais. O quadro *kaizen* novo (esquerda) e esquerda (direita) estão representados na figura 4.39.

4.6. Gestão Visual

Com o objetivo de reduzir o número de reclamações, foram criados documentos com as especificações do produto. Estes documentos foram elaborados em conjunto com o departamento das especificações e com outro estagiário. Desenvolveram-se documentos para todos os produtos no qual constavam fotografias que distinguiam o que era produto conforme de produto não conforme.

Na figura 4.40 e 4.41, estão representados os documentos já implementados nas linhas de embalagem em ATP e termoformadora., respetivamente.



Figura 4.39 - Quadros de avaliação das linhas (novo e antigo)



Figura 4.40 - Especificações linha de embalagem em ATP



Figura 4.41 - Especificações linha de embalagem termoformadora

Conclusões e Limitações

No presente capítulo são apresentadas as principais limitações do trabalho e posteriormente a conclusões da dissertação.

5.1. Conclusões

Atualmente, o consumidor final e a sociedade são cada vez mais exigentes, por um lado, existe uma grande procura de produtos com qualidade e a um preço justo e por outro, existe uma preocupação em relação ao seu impacto para o ambiente. Por isso, urge melhorar continuamente os processos das empresas aplicando metodologias como o *lean* que permitem responder da melhor forma aos problemas.

Ao longo deste documento podem-se verificar soluções implementadas que melhoraram significativamente os processos produtivos ao nível da produtividade e as posturas dos operadores. Por outro lado, existem muitas soluções que ficaram por implementar e que certamente iriam provocar ganhos significativos para a empresa e para os colaboradores.

O objetivo inicial foi identificar uma ordem lógica para o processo de melhoria continua que depois iria ser aplicado para as linhas produção. O estudo começou pelo acompanhamento da produção nas linhas que com o suporte dos responsáveis e operadores de chão de fábrica permitiu a identificação dos problemas e por vezes as respetivas causas. Posteriormente, seria possível estudar soluções que tanto deveriam aumentar a produtividade dos processos como também as posturas dos operadores. A partir tabela 5.1 é possível analisar um resumo de todas as melhorias estudadas para as linhas de produção, com foco nas soluções implementadas e por implementar e os respetivos ganhos. É possível verificar que os ganhos foram de encontro aos objetivos definidos para esta dissertação, visto que foi possível obter melhorias ao nível da redução de desperdícios, ao nível de melhores posturas dos operadores e ao nível de melhorias na produtividade dos processos.

É de referir que houve uma evolução das capacidades de análise dos processos. É possível verificar este facto quando se compara a evolução da análise e das soluções propostas da 1ª para a 2ª fase. Na primeira fase as propostas de melhoria baseiam-se em replicações de soluções da empresa ou soluções simples, enquanto na segunda fase existem soluções mais inovadoras, como é o caso da separação da asa para aumentar a produtividade do processo.

Nesta última, houve uma integração de várias secções da empresa de modo a atingir uma melhoria numa linha de embalagem.

Por fim, o trabalho desenvolvido na empresa teve um impacto positivo para a produção, por um lado, foi possível aumentar a produtividade e melhorar as posturas dos operadores e por outro, foi possível criar ferramentas, como é o caso dos eventos *kaizen* e da gestão visual que serão essenciais para que a melhoria contínua dos processos aconteça.

5.2. Limitações

A primeira grande limitação foi o facto de apenas um responsável da produção demonstrar interesse e disponibilidade para melhorar os processos e propor estas melhorias aos superiores. Os restantes responsáveis, que estavam inseridos nas secções de produção, apenas estavam interessados em garantir o output do sistema, ignorando o facto de que uma melhoria no processo poderia melhorar o output deste. Deste modo, por vezes era necessário mais suporte para que as melhorias se realizassem, como foi o caso do departamento da monitorização que demonstrou pouca disponibilidade para definir uma abordagem para os eventos *kaizen* e do departamento da qualidade que não demonstrou interesse em definir uma estratégia com a produção para diminuir o número de reclamações.

A segunda limitação deve-se ao facto da unidade não estar informatizada, ou seja, toda a unidade trabalha com folhas que percorrem vários departamentos. Estas folhas passam pelo planeamento, produção e departamentos da monitorização e da qualidade, pelo que depois são arquivadas. Desta forma é difícil obter dados históricos e reais. No último mês de estágio, o Institute Kaizen, uma empresa de consultoria externa foi contratada para aumentar a produtividade dos processos, tendo começado pela secção da desmancha. Esta empresa, teve mais suporte visto que conseguiu juntar vários departamentos em reuniões e assim definir estratégias. No entanto, deparou-se com o problema de falta de dados e mesmo depois de algumas sessões e estudos no chão de fábrica não conseguiu obter ganhos na produção, visto que todas as melhorias implicavam um grande investimento pelo que a curto/médio prazo não era possível obter melhorias.

Apesar de ser uma empresa em que a informação é escassa, esta já fez grandes investimentos tanto a nível de sistemas produtivos como de consultoria externa pelo que a empresa já está à beira do limite, ou seja, a falta de espaço, a variabilidade do sistema, a natureza do produto e a necessidade de grandes investimentos tornam os processos difíceis de serem melhorados.

Tabela 5.1 - Resumo das melhorias estudadas para as linhas de produção

Foco da Melhoria		Ganho Teórico	Ganho Real
Termoformadora	Soluções por implementar	Bordo de linha	• 80 min./dia de movimentação
		Extensão de linha de abastecimento de caixas	• 4.55 min./dia de programações • Melhoria das posturas
		Sistema de tapete de rolos	• Aumento de 15 para 20 ciclos por minuto
		Sistema de tulha	• Melhoria das posturas
		Sistema de digital de informação	• Informação a tempo real das operações • Redução de 10 a 20 por cento das paragens nas linhas
	Soluções implementadas	Torniquete de controlo de saídas	• 10 min./dia·Homem
		Rotatividade dos operadores	• Satisfação dos operadores • Operadores mais informados
		5S	• Organização da linha
		Redução dos desperdícios	• Recuperação de 28,5 kg de produto por dia
		Limpeza da máquina e dos tapetes	• Diminuição da probabilidade de contaminação do produto
A	Solução implementada	Sistema de abastecimento	• Redução de $\approx$ 1 minuto/paleta • Melhoria das posturas

Tabela 5.1 - Resumo das melhorias estudadas para as linhas de produção (continuação)

Foco da Melhoria			Ganho Teórico	Ganho Real
ATP	Soluções por implementar	Rotação automática de cuvetes	• Redução de um operador • Desnecessidade de investir num robô	
		Separação da Asa		• Aumento da produção entre 65 a 90 por cento • Aumento da qualidade • Redução do número de tarefas
	Solução implementada	5S		• Organização da linha
B	Solução implementada	Sistema de abastecimento		• Melhoria das posturas • Redução de $\approx$ 5 minutos/paleta
Evento <i>kaizen</i>	Solução implementada	Quadro de <i>kaizen</i>		• Integração dos departamentos na produção • Reativação das reuniões <i>kaizen</i> • Contributo para a melhoria continua dos processos
Gestão Visual	Solução implementada	Quadro de gestão visual		• Contributo para o aumento da qualidade e para a redução de reclamações nas linhas de produção

BIBLIOGRAFIA

- 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>
- Allen, T. (2019). *Introduction to Engineering Statistics and Lean Six Sigma: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems* (3.^a ed.). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7420-2>
- Bateman, N., Philp, L., & Warrender, H. (2016). *Visual management and shop floor teams – development, implementation and use: International Journal of Production Research: Vol 54, No 24*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2016.1184349>
- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., & Merino-Díaz de Cerio, J. (2010). 5S use in manufacturing plants: Contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 217–230. <https://doi.org/10.1108/02656711011014320>
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bittencourt, V. L., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2020). *Full article: Industry 4.0 triggered by Lean Thinking: Insights from a systematic literature review*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2020.1832274>

- Bridger, R. (2003). *Introduction to Ergonomics, Second Edition*. CRC Press.
- Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2017). Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1546–1565. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.126>
- Chen, M.-S., & Lan, C.-H. (2002). Achieving optimal design of the production line with obtainable resource capacity. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 12(2), 203–214.
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Gómez Paredes, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Council, N. R., Sciences, D. on E. and P., Council, F. F., Management, C. on P. I. for F. R. P. A., Hoc, F. F. C. A., Davis, J. S., & Cable, J. H. (2005). *Key Performance Indicators for Federal Facilities Portfolios: Federal Facilities Council Technical Report Number 147*. National Academies Press.
- Doolen, T. L., Van Aken, E. M., Farris, J. A., Worley, J. M., & Huwe, J. (2008). Kaizen events and organizational performance: A field study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(8), 637–658. <https://doi.org/10.1108/17410400810916062>
- Dora, M., & Gellynck, X. (2015). House of lean for food processing SMEs. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.008>
- Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., Molnar, A., & Gellynck, X. (2013). Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in European food processing SMEs. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.002>
- Farris, J. A., Aken, E. M. V., Doolen, T. L., & Worley, J. (2008). Learning From Less Successful Kaizen Events: A Case Study. *Engineering Management Journal*, 20(3), 10–20. <https://doi.org/10.1080/10429247.2008.11431772>

- Farris, J. A., Van Aken, E. M., Doolen, T. L., & Worley, J. (2009). Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 117(1), 42–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.051>
- Gebennini, E., Grassi, A., Secchi, C., & Fantuzzi, C. (2008). An Analytical Model for Automated Packaging Lines Design. 2008 American Control Conference, 89–94. <https://doi.org/10.1109/ACC.2008.4586472>
- Gladysz, B., Santarek, K., & Lysiak, C. (2018). Dynamic Spaghetti Diagrams. A Case Study of Pilot RTLS Implementation. Em A. Burduk & D. Mazurkiewicz (Eds.), *Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance – ISPEM 2017* (pp. 238–248). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64465-3_24
- Glover, W. J., Farris, J. A., & Aken, E. M. (2015). *Kaizen Events: Assessing the Existing Literature and Convergence of Practices: Engineering Management Journal: Vol 26, No 1*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10429247.2014.11432003>
- Glover, W. J., Farris, J. A., Van Aken, E. M., & Doolen, T. L. (2011). Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 132(2), 197–213. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.005>
- Grasley, C., Ayoub, M. M., & Bethea, N. J. (1978). *Male-Female Differences in Variables Affecting Performance* – Connie Grasley, M. M. Ayoub, Nancy J. Bethea, 1978. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1071181378022001111>
- Habidin, N. F., Hashim, S., Fuzi, N. M., & Salleh, M. I. (2018). Total productive maintenance, kaizen event, and performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(9), 1853–1867. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2017-0234>
- Health and Safety Executive. (2016). *Manual Handling: Manual Handling Operations Regulations 1992: Guidance on Regulations*. HSE Books.

- Health and Safety Executive. (2019). *Manual handling assessment charts (the MAC tool)*.
<https://www.hse.gov.uk/pubns/indg383.htm>
- Health and Safety Executive. (2020). *Manual Handling Operations Regulations: A Brief Guide*.
<https://www.hse.gov.uk/pubns/indg143.htm>
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 208, 99–116.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64.
<https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Kiran, D. R. (2020). Chapter 11 – Kaizen and continuous improvement. Em D. R. Kiran (Ed.), *Work Organization and Methods Engineering for Productivity* (pp. 155–161). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819956-5.00011-X>
- Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation: The what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 184, 102901. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901>
- Knop, K. (2020). Importance of visual management in metal and automotive branch and its influence in building a competitive advantage. *Polish Journal of Management Studies*, 22(1), 263–278. <https://doi.org/10.17512/pjms.2020.22.1.17>
- Kumar, S. (2004). The Ergonomics Society – The Society Lectures 2003. *Ergonomics*, 47(4), 370–415. <https://doi.org/10.1080/0014013032000157940>
- Kurpjuweit, S., Reinerth, D., Schmidt, & C. G., & Wagner. (2019). *Implementing visual management for continuous improvement: Barriers, success factors and best practices: International Journal of Production Research: Vol 57, No 17*.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2018.1553315>

- Lavy, S., Garcia, J. A., & Dixit, M. K. (2010). Establishment of KPIs for facility performance measurement: Review of literature. *Facilities*, 28(9/10), 440–464. <https://doi.org/10.1108/02632771011057189>
- Lebas, M. J. (1995). Performance measurement and performance management. *International Journal of Production Economics*, 41(1), 23–35. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00081-X](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00081-X)
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Bookman Editora.
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35, 522–531. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)00065-4](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)00065-4)
- Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (2019). Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. *Computers in Industry*, 108, 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.002>
- Morales-Contreras, M. F., Suárez-Barraza, & M. F., & Leporati. (2020). *Identifying Muda in a fast food service process in Spain | Emerald Insight*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJQSS-10-2019-0116/full/html>
- Murata, K. (2019). *On the Role of Visual Management in the Era of Digital Innovation – ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920303036>
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2011). *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. CRC Press.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>

- Palange, A., & Dhatrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729–736.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Parmenter, D. (2019). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. John Wiley & Sons.
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). Evaluating impact of 5S implementation on business performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(7), 948–978. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-08-2016-0154>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Suárez-Barraza, M. F., Dahlgaard-Park, S. M., Rodríguez-González, & F. G., & Durán-Arechiga. (2016). *In search of “Muda” through the TKJ diagram | Emerald Insight*.
<https://doi.org/10.1108/IJQSS-04-2016-0028>
- Vlachos, I. (2015). Applying lean thinking in the food supply chains: A case study. *Production Planning & Control*, 26(16), 1351–1367.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1049238>
- Vo, B., Kongar, E., & Suárez Barraza, M. F. (2019). Kaizen event approach: A case study in the packaging industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(7), 1343–1372. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2018-0282>
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, 31(6), 557–567. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(00\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00034-X)
- Wilson, L. (2010). *How To Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill Education.
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071625074>
- Womack, J. P. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York, NY : Simon & Schuster,. <https://search.library.wisc.edu/catalog/999813748702121>

- Xie, X., & Li, J. (2012). Modeling, analysis and continuous improvement of food production systems: A case study at a meat shaving and packaging line. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 344–350. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.022>
- Zahraee, S. M. (2016). A survey on lean manufacturing implementation in a selected manufacturing industry in Iran. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 136–148. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2015-0010>

Anexo A - Value Stream Mapping Termoformadora

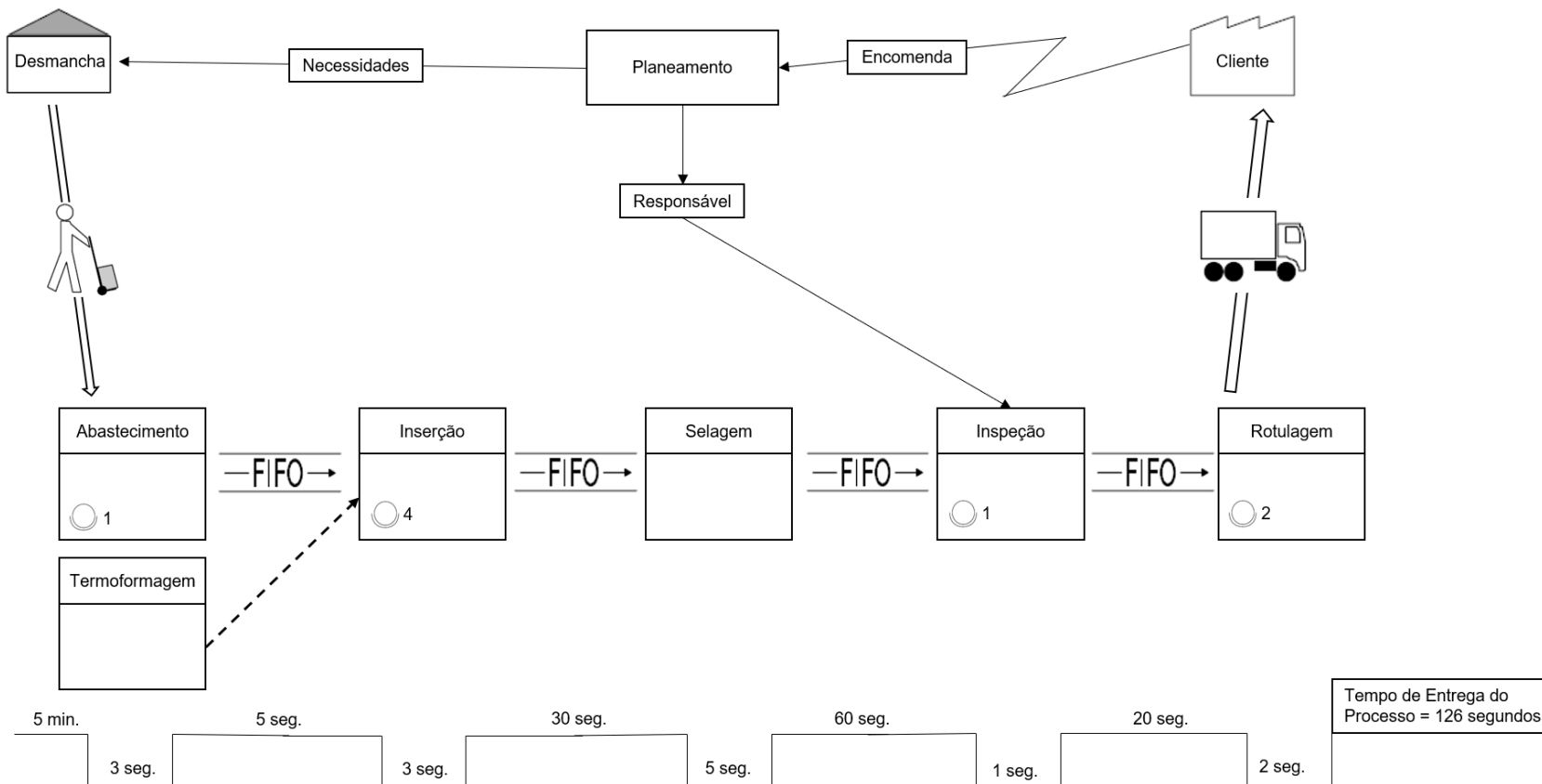


Figura A 1 - VSM Termoformadora



2021

FÁBIO MIGUEL SILVA VIEIRA

Melhoria de Processos Utilizando Metodologias Lean no
Setor Avícola