



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Afonso João Vilaverde da Cunha Veloso Soares

Estudo e Melhoria do Sistema Logístico de
Abastecimento numa Empresa da Indústria
Automóvel

outubro de 2023



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Afonso João Vilaverde da Cunha Veloso Soares

**Estudo e Melhoria do Sistema Logístico de
Abastecimento numa Empresa da Indústria
Automóvel**

Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Maria do Sameiro Carvalho

outubro de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação marca o término de um ciclo de extrema importância na minha vida. Durante a elaboração da mesma, inúmeras pessoas e entidades mostraram-se preponderantes para o meu crescimento, tanto a nível pessoal, como profissional. Desta forma, gostava de exprimir o meu profundo agradecimento:

À *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo e à Sílvia Miranda, pela oportunidade que me deram em poder desenvolver este projeto. Ao André Faria, à Madalena Pereira, e a toda a equipa de Logística Interna, pelo conhecimento transmitido, pela confiança e pela fácil integração. A todos os colaboradores do armazém pela sua disponibilidade e paciência para me ajudar prontamente.

À minha orientadora, Professora Doutora Maria do Sameiro Carvalho, pela orientação, disponibilidade e sugestões recebidas ao longo da dissertação.

Aos meus amigos da Universidade, por todos os bons momentos vividos ao longo destes cinco anos.

Aos meus amigos, por estarem comigo em todos os momentos da minha vida, por me motivarem sempre a fazer melhor e por me apoiarem incondicionalmente.

À minha namorada, obrigado pelo apoio constante.

À minha mãe e irmã, pela motivação incessante, por todo o esforço que fizeram para que me sentisse concretizado, pela educação que me proporcionaram e pelos valores incutidos.

Ao meu pai!

Sem eles nada disto seria possível!

Obrigado!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Estudo e Melhoria do Sistema Logístico de Abastecimento numa Empresa da Indústria Automóvel

RESUMO

A eficiente gestão da logística interna é crucial para a produtividade de todas as unidades das empresas, sendo responsável pelo fornecimento de materiais às linhas de produção e pela organização dos materiais em armazém. A melhoria dessas atividades tem um impacto significativo na eficiência das linhas de produção.

O projeto de estágio realizou-se no Departamento de Logística Interna da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo, e teve como objetivo melhorar o sistema de logística interna.

Numa primeira fase foi realizada uma caracterização dos diferentes processos associados ao abastecimento das linhas de produção, incluindo as operações no Armazém de matérias-primas, as diferentes operações e rotas dos comboios logísticos de suporte à produção.

Numa segunda fase, uma análise a este sistema de abastecimento permitiu identificar diversos problemas, em particular, a grande variabilidade na duração do tempo das rotas dos comboios logísticos e as frequentes interrupções na produção por falta de abastecimento, para além de várias outras ineficiências.

No contexto de um processo de melhoria contínua, foram desenvolvidas propostas, nomeadamente a utilização da gestão visual e a melhoria de um Sistema de Informação do sistema de abastecimento da fábrica. As propostas implementadas produziram resultados significativos na redução de desperdícios e na melhoria do desempenho do sistema.

Os resultados obtidos incluem a redução do tempo médio gasto nas rotas do comboio logístico, entre 3% e 20%, a diminuição das interrupções nas linhas de produção, entre 2% e 28% e na duração dessas interrupções, entre 3% e 41%.

PALAVRAS-CHAVE

Abastecimento, Armazém, Comboio Logístico, Rotas

Study and Improvement of the Logistics Supply System in an Automotive Industry Company

ABSTRACT

The Efficient management of internal logistics is crucial for the productivity of all company units, being responsible for supplying materials to the production lines and organizing materials in the warehouse. Improving these activities has a significant impact on the efficiency of the production lines.

The internship project was carried out in the Internal Logistics Department of BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems – Viana do Castelo, with the aim of enhancing the internal logistics system.

In the initial phase, a characterization of the different processes associated with supplying the production lines was conducted, including operations in the raw materials warehouse, the various operations and routes of logistic trains supporting production.

In the second phase, an analysis of this supply system identified several problems, notably the significant variability in the duration of logistic train routes and frequent production interruptions due to supply shortages, among other inefficiencies.

In the context of a continuous improvement process, proposals were developed, including the use of visual management and the enhancement of an Information System for the factory's supply system. The implemented proposals produced significant results in waste reduction and system performance improvement.

The results obtained include a reduction in the average time spent on logistic train routes, ranging from 3% to 20%, a decrease in production line interruptions by 2% to 28%, and a reduction in the duration of these interruptions by 3% to 41%.

KEYWORDS

Logistic Train, Routes, Supply, Warehouse.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos da dissertação.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2 Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Logística.....	5
2.2 Atividades Logísticas.....	6
2.3 Cadeia de Abastecimento.....	6
2.4 <i>Lean Production</i>	8
História <i>Lean Production</i>	8
Princípios do <i>Lean Production</i>	10
Ferramentas do <i>Lean Production</i>	11
2.5 <i>Lean Logistics</i>	15
Comboio Logístico.....	15
Supermercado.....	17
Bordo de Linha.....	17
2.6 Casos Práticos.....	19
2.7 Síntese da revisão bibliográfica.....	21
3 Apresentação da empresa.....	22
3.1 Grupo <i>BorgWarner</i>	22

3.2	<i>BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems</i> – Viana do Castelo	22
	Fornecedores.....	23
	Produtos.....	24
	Clientes	25
3.3	Síntese da apresentação da empresa	25
4	Estado atual do sistema de logística interna	26
4.1	<i>Layout</i> da fábrica	26
	<i>Layout</i> e operações do armazém.....	27
	Fluxo de Materiais e Informação.....	28
4.2	Comboio logístico e <i>E-Kanban</i>	29
4.3	Outras funções do comboio logístico.....	31
	Caixas vazias e consumíveis.....	31
	Etiqueta de reposição.....	31
	Troca de referência	32
	<i>Work in Progress</i> (WIP)	33
	Rotas de recolha de produto final	34
	Cais de Resíduos	34
4.4	Rotas ESD.....	34
	Rota ESD-1	35
	Rota ESD-2	35
	Rota ESD-3	36
4.5	Análise crítica do sistema atual.....	36
	Distância exata percorrida pelo comboio logístico	37
	Movimentações do operador do comboio logístico	37
	Quantidade máxima de caixas por rota	38
	Tempo médio da volta.....	38
	Tempo médio gasto por linha e em viagem	39
	Análise de atrasos nas rotas.....	41
	Duração média de atrasos e número médio de atrasos.....	43

Número e média de quebras por falta de abastecimento	44
4.6 Pontos críticos	45
Área de embalagens vazias	45
Estante 16.....	46
Linha 7E04 e posto de calibração de membranas	48
Linha 7V05.....	48
Linha 7V13.....	49
Síntese dos pontos críticos e da situação atual da empresa	50
5 Propostas de melhoria	51
5.1 Gestão visual na área de embalagens vazias.....	51
5.2 Informatização do pedido de reposição de paletes no nível 0 e 1.....	52
5.3 Rampa de abastecimento para a Linha 7V05.....	55
5.4 Bordos de linha para a Linha 7V13.....	56
5.5 <i>Crossdocking</i>	58
6 Resultados obtidos.....	61
Tempo médio da volta.....	61
Tempo médio gasto por localização e em viagem	62
Análise de atrasos nas rotas.....	65
Duração média de atrasos e número médio de atrasos.....	67
Número e média de quebras por falta de abastecimento	68
7 Conclusões.....	70
Referências Bibliográficas	72
Apêndices	75
Apêndice 1 – Fluxograma de Material e Informação	75
Apêndice 2 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-1.....	76
Apêndice 3 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-2.....	77
Apêndice 4 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-3.....	78
Apêndice 5 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-1).....	79
Apêndice 6 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-2).....	80
Apêndice 7 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-3).....	81
Apêndice 8 – Tempos de Operação do Colaborador do Comboio Logístico.....	82

Anexos	83
Anexo 1 – Rota ESD-1.....	83
Anexo 2 – Rota ESD-2.....	84
Anexo 3 – Rota ESD-3.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Macroprocessos da cadeia de abastecimento. Adaptado de: Carvalho et al. (2017).....	7
Figura 2 – Casa Toyota Production System	9
Figura 3 – Princípios do Lean Production	11
Figura 4 – Funcionamento do sistema tradicional kanban. Adaptado de: Courtois et al. (2007).....	12
Figura 5 – Fachada da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems – Viana do Castelo.....	23
Figura 6 – Fornecedores da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems – Viana do Castelo	24
Figura 7 – Produtos da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems – Viana do Castelo	24
Figura 8 – Clientes da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems – Viana do Castelo.....	25
Figura 9 – Layout da fábrica	27
Figura 10 – Layout do armazém	28
Figura 11 – Etiquetas de identificação nos bordos de linha	30
Figura 12– Etiqueta de reposição	31
Figura 13 – Identificações de localizações nas estantes	32
Figura 14 – Carro de troca de referência (direita) e respetiva folha informativa (esquerda)	33
Figura 15 – Cartão de WIP	33
Figura 16 – Contentores de Resíduos	34
Figura 17 – Distância percorrida por rota em uma volta	37
Figura 18 – Número de caixas por rota	38
Figura 19 – Tempo médio de uma volta por rota.....	39
Figura 20 – Número de voltas por rota num período de dois meses	41
Figura 21 – Número de voltas com atraso e sem atraso por rota.....	41
Figura 22 – Número de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno	42
Figura 23 – Percentagem de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno	43
Figura 24 – Média da duração dos atrasos por rota	43
Figura 25 – Atrasos por dia e por rota.....	44
Figura 26 – Duração das quebras de produção devido à falta de abastecimento.....	44
Figura 27 – Média de quebras de produção por dia devido à falta de abastecimento	45
Figura 28 – Estado atual das identificações e etiquetas na área de embalagens vazias.....	46
Figura 29 – Situação ergonómica atual no picking de matéria-prima na Estante 16	47
Figura 30 – Bordo de linha e carro de prateleiras da linha 7V05	48

Figura 31 – Carros de prateleiras da linha 7V13	49
Figura 32 – Novas identificações da área de embalagens vazias	51
Figura 33 – Estado das identificações e etiquetas na área de embalagens vazias após implementação da proposta de melhoria.....	52
Figura 34 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador do comboio logístico	53
Figura 35 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador da trilateral	53
Figura 36 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador do comboio logístico após as alterações	53
Figura 37 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador do comboio logístico enquanto aguarda a reposição da palete	54
Figura 38 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador da trilateral após o pedido de reposição de palete	54
Figura 39 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador do comboio logístico confirmando a reposição da palete	54
Figura 40 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador do comboio logístico confirmando que o material está em TAW/Inc	54
Figura 41 – Display da aplicação E-kanban no tablet do operador do comboio logístico confirmando a falta de stock.....	54
Figura 42 – Local para a rampa de abastecimento.....	56
Figura 43 – Proposta da rampa de abastecimento	56
Figura 44 – Referências de matéria-prima, as dimensões das suas caixas e a máquina onde a matéria-prima é consumida.....	57
Figura 45 – Proposta de bordos de linha para a linha 7V13	58
Figura 46 – Tempo médio de uma volta por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria.....	61
Figura 47 – Tempo médio na localização e em viagem para a próxima localização (ESD-1) antes e depois da implementação das propostas de melhoria	62
Figura 48 – Tempo médio na localização e em viagem para a próxima Localização (ESD-2) antes e depois da implementação das propostas de melhoria	63
Figura 49 – Tempo médio na Localização e em viagem para a próxima localização (ESD-3) antes e depois da implementação das propostas de melhoria	64

Figura 50 – Número total de voltas por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria	65
Figura 51 – Percentagem de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno antes e depois da implementação das propostas	66
Figura 52 – Média da duração de atrasos por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria.....	67
Figura 53 – Média de atrasos por dia e por rota após a implementação das propostas de melhoria...	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças entre o sistema de abastecimento tradicional e Mizusumashi. Adaptado de Coimbra (2013).....	16
Tabela 2 – Operações associadas à Rota ESD-1.....	35
Tabela 3 – Operações associadas à Rota ESD-2.....	35
Tabela 4 – Operações associadas à Rota ESD-3.....	36
Tabela 5 – Tabela síntese dos pontos críticos	50
Tabela 6 – Maiores volumes de embalagens de matéria-prima para cada linha e carros necessários para o abastecimento.....	60
Tabela 7 – Redução percentual do tempo médio de uma volta por rota	62
Tabela 8 – Variações percentuais do tempo médio total, do tempo médio na localização e do tempo médio em viagem para a próxima localização após a implementação das propostas de melhoria.....	64
Tabela 9 – Variação percentual do número de voltas por rota.....	65
Tabela 10 – Percentagem de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno antes e depois da implementação das propostas de melhoria	66
Tabela 11 – Variação percentual da duração total das quebras de produção por falta de abastecimento antes e depois da implementação das propostas de melhoria	68
Tabela 12 – Variação percentual da média de quebras de produção, por dia, antes e depois da implementação das propostas de melhoria	69
Tabela 13 – Síntese das propostas de melhoria, estado de implementação e resultados obtidos.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ESD – *Electrostatic Discharge*

FGW – *Finish Goods Warehouse*

FIFO – *First In, First Out*

GPCM – *Glow Plug Control Module*

JIT – *Just-in-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

SRW – *Storage Rack Warehouse*

TAW – *Transfer Area Warehouse*

TPS – *Toyota Production System*

TFM – *Total Flow Management*

WIP – *Work in Progress*

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo inclui o enquadramento do tema de dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, cujo título é Estudo e Melhoria do Sistema Logístico de Abastecimento de uma Empresa do Setor Automóvel, a apresentação dos objetivos do projeto, a exposição da metodologia de investigação seguida e a estrutura da dissertação.

No enquadramento é feita uma reflexão sobre a motivação do projeto, que serve de base à formulação dos objetivos.

1.1 Enquadramento

Os mercados em elevada expansão internacional, as novas tecnologias e o desenvolvimento exponencial de novos produtos orientados para o cliente levam a ciclos de vida mais curtos, resultando numa maior variedade e complexidade de processos. Dessa forma, a melhoria do processo produtivo e do serviço logístico é determinante para as empresas permanecerem competitivamente sustentáveis (Weisner & Deuse, 2014).

Uma forma de atingir a diferenciação competitiva no mercado passa por alcançar a excelência na logística (Mentzer et al., 2001), uma vez que a melhoria desta área, irá diminuir os custos e proporcionará uma maior qualidade ao cliente (Mentzer et al., 2004). Assim, surge a oportunidade de definir um processo logístico interno eficiente e eficaz, responsável por gerir o fluxo de materiais e informação dentro da fábrica; de procurar a eliminação dos desperdícios, minimização dos custos e foco na maximização do nível de serviço (Taboada, 2009). Por conseguinte, o lucro da empresa aumentará, constituindo assim uma vantagem competitiva para as empresas (Brar & Saini, 2011).

As empresas têm adotado a metodologia organizacional *Lean Production* de forma a otimizar o fluxo logístico (Womack et al., 1990), uma filosofia de gestão que tem como base o TPS - *Toyota Production System* (Ohno, 1988). Os objetivos desta metodologia são o aumento da produção com o menor número de recursos, através da eliminação de desperdícios e da satisfação das necessidades dos clientes (Sugimori et al., 1977).

Segundo Coimbra (2013), o fluxo logístico interno é um dos pilares da metodologia desenvolvida pelo *Kaizen Institute* – o *Total Flow Management* (TFM) – que tem como finalidade desenvolver um fluxo de informação e materiais em toda a cadeia de abastecimento. Este fluxo interno integra tanto a parte de

produção como a parte logística, trabalhando em conjunto de acordo com o *takt time* do cliente, de modo a criar *one-piece flow* para fornecer os produtos *just-in-time*.

Nesse contexto, surge o presente projeto de dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, realizado no departamento de Logística Interna da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems*, em Lanheses, Viana do Castelo.

Este projeto foi proposto com o intuito de melhorar o fluxo interno de materiais tais como:

- Redefinição e melhoria de rotas de transporte de matéria-prima, produto intermédio e produto final;
- Implementação de um armazém avançado destinado a dar apoio a uma área produtiva;
- Redução de desperdícios relativos à movimentação desnecessária de colaboradores;
- Dimensionamento e reorganização de bordos de linha;
- Implementação de gestão visual associada ao fluxo logístico.

1.2 Objetivos da dissertação

O projeto foi realizado em ambiente industrial na fábrica da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems*, em Viana do Castelo, no departamento de Logística Interna, responsável pelos fluxos de materiais dentro da fábrica. Nas suas funções incluem-se as operações de armazenamento, *picking*, e transporte dos materiais até aos bordos de linha, através de comboios logísticos para reposição dos *stocks*. Deste modo, durante a realização do projeto pretende-se fazer:

- Identificação dos problemas dos processos de abastecimento de materiais às linhas de produção, e dos desafios inerentes;
- Identificação de oportunidades que permitam eliminar os problemas identificados;
- Aumento da agilidade, eficiência e eficácia dos fluxos de materiais e informação.

As questões a que este projeto se propõe a responder são:

- Como pode um sistema de abastecimento ser melhorado?
- Quais os fatores relevantes para o dimensionamento de bordos de linha?
- Que requisitos e vantagens existem na implementação de um sistema *crossdocking* na área produtiva?

1.3 Metodologia de investigação

Este projeto é desenvolvido num ambiente industrial com uma componente prática preponderante. Assim, deverá guiar-se pelos conceitos da metodologia de Investigação - Ação. Esta metodologia, denota que a investigação é paralela à ação, ou seja, todos os participantes no sistema participam ativamente e a obtenção do conhecimento é consequente das ações concretizadas ao longo do período de investigação (Coughlan & Coghlan, 2002).

Segundo Benbasat et al. (1987) o investigador não é um observador independente, mas torna-se participante no sistema, e o processo de mudança torna-se objeto de investigação. Consequentemente, esta metodologia de investigação é a mais adequada no decorrer deste projeto.

De acordo com Susman & Evered (1978), a Investigação-Ação é caracterizada por um ciclo de cinco fases apresentadas nos seguintes tópicos.

- Diagnóstico: identificação e definição do problema;
- Planeamento das ações: planeamento das ações a serem tomadas e consequente seleção daquelas que se julga mais apropriadas à realidade estudada;
- Implementação das ações: as ações selecionadas na fase anterior são postas em prática;
- Avaliação dos resultados: avaliação dos resultados obtidos através das ações implementadas;
- Aprendizagem: discussão e assimilação da aprendizagem obtida com a avaliação efetuada.

No seguimento desta metodologia, a dissertação seguirá as seguintes fases.

A revisão de literatura representa a fase inicial da investigação onde serão explorados todos os conceitos teóricos relevantes para o suporte do projeto de dissertação. Nesta fase, procuram-se contribuições importantes da literatura, através de diversas ferramentas de pesquisa de informação científica online, tais como, *Scopus (Elsevier)*, *Google Scholar*, *RepositóriUM*, entre outros.

Posteriormente, efetuar-se-á o diagnóstico da situação inicial, efetuado através de um forte acompanhamento do funcionamento atual da fábrica e de uma análise das instruções de trabalho referentes ao fluxo logístico interno e ao sistema produtivo.

A fase seguinte corresponde ao planeamento de ações, em que, tendo por base os problemas diagnosticados na fase anterior, serão identificadas as propostas de melhoria para atingir os diversos objetivos propostos.

De seguida, segue-se a fase de implementação das ações onde serão introduzidas novas metodologias e será feita a monitorização das mesmas. Nesta fase, o envolvimento de todos os colaboradores será imprescindível.

Concluída esta fase, dever-se-á recolher os dados e resultados consequentes das novas propostas de melhoria, comparar com o estado inicial e verificar se os objetivos propostos foram alcançados.

Por fim, será feita uma reflexão final de todo o projeto, onde se apresentarão as ações implementadas, bem como os seus resultados. Serão identificados, também, potenciais projetos para o futuro, de modo a dar continuidade ao trabalho realizado.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo encontra-se a introdução do projeto, onde é elaborado um enquadramento do tema, apresentam-se os objetivos que se espera alcançar, a metodologia de investigação e, por fim, descreve-se a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, realiza-se a revisão bibliográfica, uma componente fundamental para a realização deste projeto, onde se reportam as principais contribuições científicas relevantes para o tema em questão.

No terceiro capítulo, apresenta-se a empresa onde foi realizado a presente dissertação. Expõem-se o grupo a que pertence, identificam-se os principais clientes, produtos e fornecedores.

No quarto capítulo, descreve-se o fluxo de informação e materiais na empresa, as funções do comboio logístico e as rotas que este executa. Analisa-se, ainda, criticamente a situação atual da empresa, traduzindo-a em indicadores de desempenho relevantes.

No quinto capítulo, mostram-se as propostas de melhoria que foram desenvolvidas. No sexto capítulo, descrevem-se os resultados obtidos através da comparação dos mesmos indicadores de desempenho, antes e depois da implementação das propostas de melhoria.

Para terminar, no último capítulo, expõem-se as conclusões da dissertação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda desde conceitos básicos de logística até ferramentas específicas do *Lean Production*. A cadeia de abastecimento é um tema fundamental na logística e também será analisada, assim como suas atividades. Além disso, serão apresentados os principais conceitos e ferramentas de *Lean Production*, incluindo sua história, princípios e ferramentas. Em seguida, será dada atenção especial ao tema de *Lean Logistics*, com destaque para ferramentas específicas, como o comboio logístico, supermercado e bordo de linha.

Adicionalmente, serão apresentados casos de estudo com problemas semelhantes aos encontrados durante a realização da dissertação. Serão também apresentadas as soluções encontradas para esses problemas. A revisão bibliográfica e os casos de estudo mostram-se importantes para suportar a análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa, assim como para identificar oportunidades de melhoria.

2.1 Logística

O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2010), define logística como parte da cadeia de abastecimento. A logística é responsável por planejar, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso, bem como as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo, de forma a ir ao encontro dos requisitos dos clientes.

Numa lógica de inventário e gestão de *stocks*, a logística trata das questões da gestão de materiais, sejam bens finais, produtos semiacabados ou matérias-primas, quer se encontrem em movimento, quer estejam em *stock*. Isto significa nesta lógica, a logística trabalhará a questão dos fluxos de produtos e, como para trabalhar fluxos físicos carece de fluxos de informação, acabará por se tornar responsável pela gestão dos fluxos informacionais e físicos.

Segundo (Carvalho et al., 2017), de forma a conseguir resultados interessantes na gestão destes fluxos, servindo o cliente, torna-se necessário prever uma boa colaboração entre todos os intervenientes nestes processos, fornecedores, empresa e clientes. Mais, torna-se necessário planejar essa colaboração e coordenar as intervenções de cada uma das entidades envolvidas.

Existem quatro condições essenciais para uma logística eficaz:

- O cliente deve estar no cerne do processo logístico;

- Tudo deve ser feito para satisfazer o cliente, dispondo dos elementos necessários, desde o capital até ao sistema de informação;
- A logística não é apenas a circulação de produtos, mas também de serviços e informações indissociáveis dos produtos;
- A logística é, sobretudo, uma questão de fluxo.

2.2 Atividades Logísticas

A logística de uma organização pode ser composta por várias atividades. Carvalho et al. (2017), apresenta-as como necessárias para servir o cliente ao mais baixo custo. Segundo este autor estas são:

- O transporte e a gestão do mesmo;
- A armazenagem e a sua gestão;
- A embalagem;
- O manuseamento de materiais e a gestão dos mesmos;
- O controlo e a gestão de *stocks*;
- A gestão do ciclo de encomenda;
- A previsão de vendas;
- O planeamento da produção;
- *Procurement* e gestão do seu ciclo;
- O serviço ao cliente;
- A localização e a gestão de instalações;
- O manuseamento de materiais retornados;
- O suporte ao serviço ao cliente;
- A eliminação, recuperação e reaproveitamento de materiais e gestão logística inversa.

Estas atividades podem ser agregadas em dez atividades de maior abrangência. Estas são o transporte e a sua gestão, a armazenagem e a sua gestão, a embalagem (industrial), o manuseamento de materiais, a gestão do ciclo de encomenda, a previsão de vendas, o planeamento da produção, o *procurement*, o serviço ao cliente e a logística inversa.

2.3 Cadeia de Abastecimento

Segundo Carvalho et al. (2017), a importância crescente da gestão da cadeia de abastecimento (*supply chain management*) na estratégia do negócio, na captação e retenção de clientes e mercados, na

eficiência da gestão de operações e na rentabilidade das empresas resulta da conjugação de alguns fatores que têm vindo a tornar o ambiente competitivo das empresas muito mais exigente e complexo. De entre os fatores de mudança, com impacto na gestão da cadeia de abastecimento, destacam-se:

- A globalização da economia;
- Os movimentos de internacionalização das empresas e de deslocalização de unidades produtivas e logísticas;
- A tendência para a especialização da produção;
- As alterações rápidas do comportamento dos mercados e segmentos de mercado;
- O número crescente de casos em que a diferenciação dos produtos/serviços é conseguida pela componente do serviço a clientes;
- O aumento do número de produtos e serviços;
- As exigências crescentes por parte dos clientes;
- As pressões para melhorar os níveis de serviço a clientes e para reduzir os custos;
- Os aspetos *fashion*;
- As pressões ambientais.

Daqui resulta, entre outros aspetos, maiores distâncias percorridas pelas mercadorias a montante e a jusante da empresa, maior complexidade dos fluxos, maior necessidade de rastreabilidade, fluxos mais tensos e com maior risco de disrupção, um número crescente de situações em que a competição é baseada no fator tempo, encomendas/reposições mais pequenas e mais frequentes, prazos de entrega cada vez mais curtos, muito menor fiabilidade dos sistemas de previsão de vendas, um aumento do risco de posse de inventários, ciclo de vida dos produtos mais curto e redução das margens.

Deste modo, a gestão da cadeia de abastecimento pressupõe que esta envolva o planeamento e a gestão de todas as atividades de *sourcing* e de *procurement*, de transformação e todas as atividades logísticas (Figura 1).

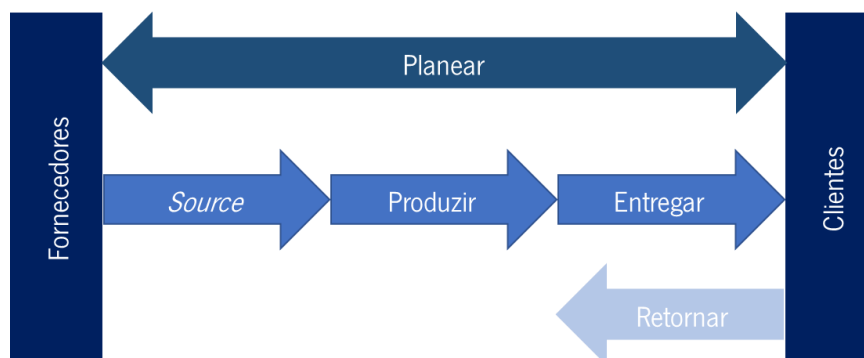


Figura 1 – Macroprocessos da cadeia de abastecimento. Adaptado de: Carvalho et al. (2017)

É importante referir que a gestão da cadeia de abastecimento envolve a coordenação e a procura de colaboração entre parceiros da cadeia, sejam eles fornecedores, intermediários, prestadores de serviços logísticos ou clientes. Em essência, a gestão da cadeia de abastecimento integra as componentes de abastecimento e procura dentro e entre empresas para satisfazer as necessidades do cliente final (CSCMP, 2010).

Dentro de cada organização, a cadeia de abastecimento abrange todas as funções relacionadas com o processamento do pedido do cliente, sendo inúmeras vezes este o ponto de partida para outras funções e atividades como o desenvolvimento de novos produtos, a avaliação financeira das operações de distribuição, de atendimento ao cliente, entre muitas outras (Chopra & Meindl, 2016).

Carvalho et al. (2017) lista sete objetivos para a cadeia de abastecimento:

- Reduzir ineficiências e falhas nos processos;
- Aumentar a visibilidade sobre a procura real;
- Aumentar a partilha de dados e informações ao longo da cadeia de abastecimento;
- Reduzir o tempo de ciclo da cadeia.
- Encurtar a cadeia de abastecimento;
- Otimizar a relação produção/procura;
- Destacar a satisfação do cliente.

2.4 *Lean Production*

O *Lean Production* tem-se revelado cada vez mais importante no apoio à gestão estratégica das empresas, enquanto metodologia organizacional de produção. A introdução a esta metodologia envolve todos os níveis de gestão da empresa e emprega algumas ferramentas e conceitos como *kanban*, *takt-time*, *push*, *pull*, *jidoka*, *mizusumashi*, entre outros (Coimbra, 2009).

O *Lean Production* coloca os materiais no local exato, no tempo certo e nas quantidades necessárias, minimizando desperdícios, sendo flexível à mudança (Womack et al., 1990).

História *Lean Production*

A produção em massa, até aos anos 90, sempre predominou nas empresas que se dedicavam à produção. Segundo Womack et al. (1990), esta era uma produção que não necessitava de mão-de-obra especializada, pois as máquinas ocupavam-se da maioria das tarefas, o que se traduzia em grandes quantidades de produto e de reduzida variabilidade. O principal objetivo desta produção era o de reduzir

o custo unitário por produto, mas, para que tal fosse possível, era necessário ter grandes níveis de *stock* e de lotes de produção.

Após a Segunda Guerra Mundial, surgiu o conceito de *Lean Production*, que teve como base o *Toyota Production System* (TPS).

Posteriormente ao final da guerra, instalou-se uma crise global e, principalmente no Japão, as infraestruturas encontravam-se praticamente destruídas, predominava a instabilidade social e financeira. Posto isto, o TPS surge de um modo natural para fazer frente a este cenário. Toyoda e Ohno, foram os pioneiros do TPS, através da sua aplicação na empresa Toyota. Esta, como praticamente todas as empresas da época, deparou-se com gravíssimos problemas financeiros e, devido a este facto, era necessário encontrar uma nova estratégia que não se focalizasse apenas em questões financeiras. Perante esta situação, surgiu o TPS (Ohno, 1988).

O principal objetivo do TPS é aumentar a produção através da redução de desperdícios, o que irá diminuir aos custos e, com isso, obter ganhos financeiros (Monden, 2011). Na Figura 2 é possível ver o conceito de TPS. Nesta, revela-se os grandes pilares em que o *Toyota Production System* se baseia: o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*.

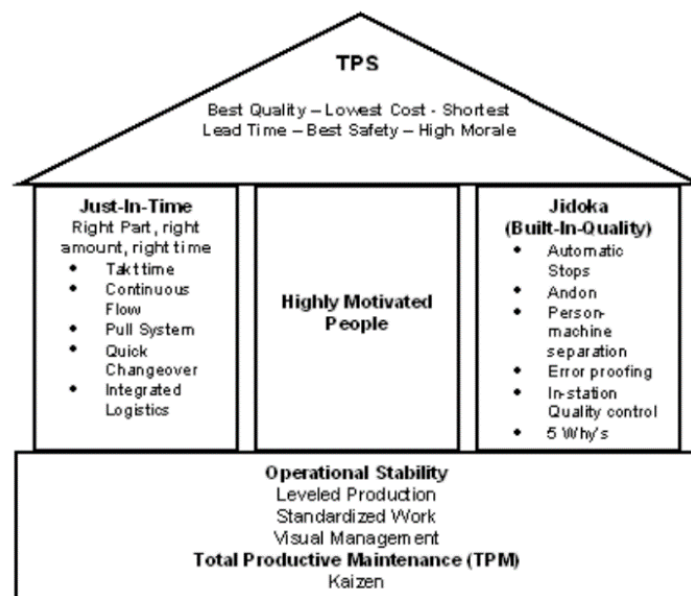


Figura 2 – Casa Toyota Production System

O *Just-In-Time* baseia-se na ideia de produzir o que é necessário, na quantidade necessária e quando necessário. Para o sucesso deste termo, é necessário recorrer a ferramentas e conceitos como o fluxo contínuo, sistemas *pull*, *takt-time*, entre outros (Feld, 2001).

O Jidoka, é considerado uma ferramenta de prevenção de defeitos de produção, ou de sobreprodução. Este pode considerado um processo de controlo de qualidade (Ohno, 1988).

Princípios do *Lean Production*

Os cinco princípios do *Lean Thinking* (Figura 3) colocam o cliente no centro de todas as ações. Estes princípios defendem ainda que o produto em questão tem de oferecer valor acrescentado para o cliente final. Este conceito ajuda a identificar e, a eliminar as atividades que não acrescentam valor ao produto final. Segundo Womack & Jones (1996), os cinco princípios do *Lean Thinking* são:

- Conceito de valor na perspetiva do cliente: ao contrário do que até à data se vinha utilizando, o conceito de valor não é definido pela empresa, mas sim pelo cliente. Isto porque, apenas o cliente sabe quais são as suas necessidades e, por essa razão, fica a cargo das empresas entender quais as necessidades dos seus clientes e, a partir daí gerar valor de modo a satisfazê-las (Liker & Womack, 1997);
- Identificar o fluxo de valor: significa a divisão das atividades de produção em três tipos – aquelas que, realmente acrescentam valor ao produto; aquelas que não acrescentam valor, mas são importantes para o bom funcionamento dos processos e para a garantia de qualidade do produto; e aquelas que não acrescentam valor ao produto e, devem ser eliminadas (Womack & Jones, 1996);
- Criação do fluxo contínuo: com o objetivo de eliminar os desperdícios, as atividades de produção, necessitam de ser alteradas e reorganizadas, de modo que o produto seja fabricado com os processos que lhe acrescentam valor, minimizando os desperdícios. Deve ser adotado um fluxo de produção contínuo, ou seja, desde que se inicia uma tarefa, deve-se finalizá-la, sem tempos de espera ou desperdícios (Tapping & Shuker, 2003);
- Produção *pull*: significa que o processo produtivo deve funcionar de acordo com as exigências e prazos estabelecidos pelo cliente. As empresas passam apenas a produzir as quantidades solicitadas pelos clientes, nas quantidades exigidas e prazos estabelecidos (Jordan & Michel, 2001);
- Perfeição: este deve ser o objetivo constante do *Lean Thinking*. Deve-se, contínua e sistematicamente, eliminar as causas da falta de qualidade dos produtos, com o objetivo final da obtenção de zero defeitos (Schonberger, 2008).



Figura 3 – Princípios do *Lean Production*

Ferramentas do *Lean Production*

Algumas das principais ferramentas de *lean production* incluem o *kanban*, os 5S's, a gestão visual e o *standard work*. Essas ferramentas serão analisadas em detalhe a seguir para compreender o seu impacto na eficiência e na qualidade dos processos de produção.

Kanban

O conceito de supermercado tradicional surgiu originalmente por volta de 1930, nos Estados Unidos da América. Trata-se de um sítio onde o cliente compra o que precisa, quando precisa e na quantidade necessária. Este conceito despertou a atenção de Ohno, fundador do TPS, começando a fazer uma conexão entre os supermercados e o objetivo *just-in-time*.

Partindo do supermercado, Ohno teve a ideia de ver cada processo de uma linha de produção como uma espécie de loja que tem como cliente o processo posterior. Este cliente, sempre que necessita de uma peça, vai ao processo anterior para a obter no momento e na quantidade necessária (Sugimori et al., 1977). Assim, para conseguir atingir o *just-in-time* e, conseqüentemente adotar um sistema de produção *pull*, foi essencial criar uma ferramenta que permitisse o fluxo de informação de uma forma simples, visual e intuitiva (Rabbani et al., 2009).

Surge assim, por volta de 1953, o *kanban* desenvolvido por Taiichi Ohno para a sua empresa (Womack et al., 1990). *Kanban* é uma palavra japonesa que significa sinal ou cartão, que se trata de um sistema de informação que controla a produção e movimentação do material (Rahman et al., 2013).

Os *kanbans* internos regulam o fluxo dentro da área produtiva, enquanto os externos regulam o fluxo entre os fornecedores e os clientes (Dailey, 2003).

O sistema *kanban* interno através de cartões (tradicional) pode-se distinguir em dois tipos de cartões, com funções e formas distintas (Pinto, 2008):

- *Kanban* de produção: Nenhuma operação de fabrico é realizada sem que haja um *kanban* de produção a autorizar (Monden, 1998);
- *Kanban* de transporte: Utilizado para fazer a transferência de um determinado produto. Informa a quantidade de produto que um dado processo está a necessitar num determinado momento. Este *kanban* é utilizado quando o processo fornecedor e o processo cliente se encontram distanciados (Puchkova et al., 2016).

O cartão *kanban* deve conter informações que variam de acordo com as necessidades de cada empresa (Takeda, 2006). Contudo, (Ohno, 1988) considerou algumas informações fundamentais como:

- Nome e referência da peça;
- Nome e localização onde as peças são produzidas;
- Nome e localização onde as peças são consumidas;
- Localização do supermercado, caso este exista;
- Quantidade a produzir.

O funcionamento de um sistema tradicional *kanban* de produção baseia-se numa metodologia simples.

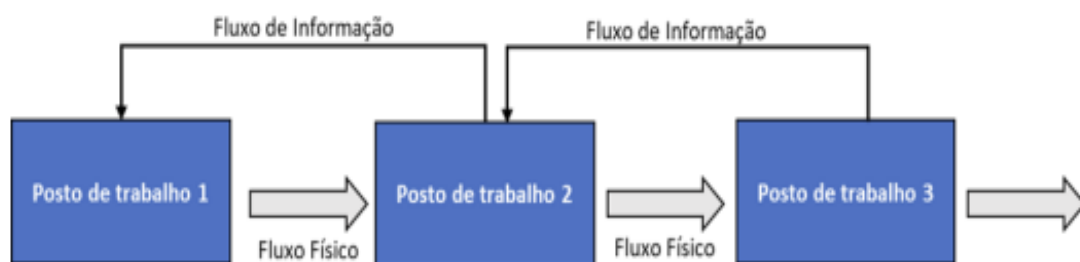


Figura 4 – Funcionamento do sistema tradicional *kanban*. Adaptado de: Courtois et al. (2007)

Observando a Figura 4, o posto de trabalho 2 consome peças produzidas pelo posto de trabalho 1. Quando o posto 2 consome as peças do posto de trabalho anterior, retira o cartão *kanban* associado a essas peças e envia-o para o posto de trabalho 1, informando que as peças foram consumidas e que terá de produzir novas. O posto 1, assim que produz as peças, associa-lhes um cartão *kanban* e reencaminha-as para o posto 2.

Deste modo, se o posto de trabalho 1 não tiver cartões no seu quadro de planeamento significa que não é necessário produzir, caso contrário, deve produzir para repor as peças que acabaram de ser consumidas pelo posto de trabalho 2 (Golchev et al., 2015).

A ideia do uso de *kanbans* é o de reabastecer o *stock* automaticamente, baseando-se nas necessidades dos clientes em vez de produzir fundamentando-se em previsões (Puche et al., 2019). Consiste em pedir a montante o material apenas quando este é necessário, na hora e na quantidade necessária, evitando a produção ou a chegada de componentes que não estão a ser necessários e que irão ocupar desnecessariamente espaço no chão de fábrica (Gross & McInnis, 2003).

5S's

A técnica dos 5 'S refere-se a um conjunto de práticas de organização que visam a otimização e o desenvolvimento de um ambiente de trabalho limpo e organizado. A adoção desta técnica permite reduzir desperdícios e melhorar o desempenho das pessoas e dos processos, através de fluxos claramente identificados, materiais e informação imediatamente disponíveis e procedimentos normalizados.

A designação 5S deriva de 5 palavras japonesas iniciadas com a letra S que representam os 5 princípios para a sua aplicação (Imai, 1997):

- *Seiri*: separar o necessário do desnecessário e retirando do espaço de trabalho todos os itens não necessários para a execução das tarefas;
- *Seiton*: arrumar os itens necessários de modo que seja facilmente encontrado e utilizável. Deve definir-se a melhor localização para cada material, de maneira que os trabalhadores saibam onde está e saibam onde colocar depois de a utilizarem. Caso o material esteja fora do lugar, a verificação deve ser simples e imediata;
- *Seiso*: assegurar um ambiente de trabalho limpo e organizado;
- *Seiketsu*: padronizar e definir procedimentos para formalizar e conduzir os três primeiros S e desse modo manter a limpeza, ordem e arrumação;
- *Shitsuke*: disciplinar e manter os procedimentos adequados, assegurando a aplicação dos passos anteriores, através da realização de auditorias, garantindo a sustentabilidade da metodologia.

De acordo com Imai (1997), esta ferramenta traz diversos benefícios tais como a criação de um ambiente de trabalho limpo, seguro e agradável, aumento da motivação dos trabalhadores, eliminação de todo o

tipo de desperdícios, através da minimização do tempo de procura de ferramentas, redução do trabalho físico extenuante e libertação de espaço.

Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta simples baseada num conjunto de técnicas de comunicação e que disponibiliza a informação em formato visual. Esta ferramenta consiste na colocação de informação sobre ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de forma que a situação real possa ser rapidamente compreendida e facilmente visualizada por todos os envolvidos (Womack & Jones, 1996).

Existem vários sistemas de gestão visual tais como placas informativas, delimitações de espaços, *andons* (sinalizador luminoso) e instruções de trabalho (Oliveira et al., 2017). O objetivo passa por capacitar os trabalhadores para gerir o próprio ambiente de trabalho, reduzir os erros e outras formas de desperdícios (Oliveira et al., 2017).

Standard work

O *standard work*, ou trabalho padronizado, é uma ferramenta *lean* utilizada para desenvolver métodos de trabalho. Passa por garantir que as operações são realizadas sempre da mesma maneira, numa sequência determinada, num intervalo de tempo estipulado e com níveis de desperdícios reduzidos.

De acordo com Emiliani (2008), o *standard work* tem inúmeras vantagens, tais como:

- Criação de pontos de referência passíveis de melhoria contínua;
- Controlo de processos;
- Redução da variabilidade;
- Melhoria da qualidade e flexibilidade;
- Estabilidade (resultados previsíveis);
- Previsibilidade de anormalidades;
- Expectativas claras;
- Plataforma para aprendizagem individual e organizacional.

Parte-se do princípio de que o padrão estabelecido é o método mais eficiente para executar o trabalho. No entanto, quando as pessoas encontram uma forma mais apropriada de executar um trabalho ou quando as condições se alteram, essa deve passar a ser o novo padrão (Emiliani, 2008).

Diagrama de Esparguete

O Diagrama de Esparguete é uma ferramenta que, apesar de simples, permite obter resultados robustos, na filosofia *lean*. Esta ferramenta permite a representação visual de um ou mais fluxos, clarificando distâncias e movimentações de pessoas ou materiais associados a um determinado processo. Dessa forma, esta ferramenta permite diagnosticar movimentações desnecessárias no decorrer do fluxo de trabalho e torna visíveis oportunidades de melhoria, com o intuito de tornar o processo mais rápido e menos congestionado (Womack & Jones, 2003).

2.5 *Lean Logistics*

O *lean logistics* aplica todos os conhecimentos da filosofia *lean* à área da logística, tornando o sistema logístico mais robusto e proporcionando maior competitividade às empresas (Baudin, 2005).

Relativamente à logística interna, o principal objetivo é entregar os materiais corretos à produção, na quantidade pretendida e no local exato, sem comprometer os padrões de qualidade. Para satisfazer todos estes requisitos, surgem alguns conceitos fundamentais que contribuem para a redução dos custos e das atividades que não acrescentam valor, sendo eles: *mizusumashi*, supermercados e bordo de linha (Baudin, 2005; Coimbra, 2013).

Comboio Logístico

Tendo como objetivo a implementação de uma política *just-in-time* surge a necessidade de adotar um sistema de recolha e distribuição, internacionalmente conhecido como *milk run*. A origem deste termo em inglês, deve-se aos circuitos de distribuição realizados pela indústria de leite, que eram efetuados porta a porta, na qual o número de garrafas de leite cheias entregues era igual ao número de garrafas de leite vazias recolhidas (Brar & Saini, 2011). Este conceito, quando aplicado internamente, é apelidado de *mizusumashi* que significa, em português, "aranha de água". O termo japonês foi provavelmente escolhido para este conceito devido à rapidez e agilidade do inseto ao atravessar a água, sendo características fundamentais para se efetuar eficientemente o transporte interno de materiais (Coimbra, 2013).

O comboio logístico ou *mizusumashi*, é um sistema de logística interna composto pelo operador logístico e o seu veículo de transporte de material. Este sistema é responsável pelo fluxo interno de informação e materiais operando num sistema de recolha e abastecimento cíclico através de rotas e horários normalizados. O seu objetivo é entregar o material necessário na quantidade necessária, na altura certa

e no local pretendido de modo a criar um fluxo de produção suave e contínuo (Coimbra, 2013). Deste modo, o *mizusumashi* deve desempenhar as seguintes funções:

- A requisição de material deve ser efetuada por *kanbans* ou listas de *picking*;
- Recolher contentores vazios nas áreas de trabalho;
- Recolher o produto acabado e entregá-lo no armazém de expedição;
- Recolher o produto intermédio e entregá-lo na próxima etapa do processo produtivo;
- Controlar as medidas de gestão visual;
- Realizar todo o fluxo de informação entre logística e produção.

O transporte é um desperdício *lean*. Apesar de ser considerada uma atividade que não acrescenta valor ao produto final, a sua eliminação é impossível. A adoção de um sistema *mizusumashi*, permite às empresas a concentração dos custos de transporte internos e num número de operadores controlado, removendo aos operadores de linha estas atividades, aumentando a sua produtividade (Reis et al., 2016).

A redução dos custos de transporte, a diminuição dos riscos de qualidade relacionados com o transporte inadequado dos materiais e a capacidade de proporcionar um abastecimento às linhas puxado contribuem para a prática de uma produção *just-in-time*. Adicionalmente, o comboio logístico oferece a possibilidade de normalizar as rotas internas, tornando esta atividade mais otimizada, fácil e executável por qualquer colaborador (Brar & Saini, 2011). Segundo Coimbra (2013) a normalização do trabalho do operador responsável pelo *mizusumashi* deve incluir a representação da rota no *layout*, o tempo de ciclo da rota, as atividades a realizar ao longo do percurso e o tempo dedicado a cada uma dessas atividades. Na Tabela 1 podem ver-se as diferenças entre o sistema de abastecimento tradicional e o *Mizusumashi*.

Tabela 1 – Diferenças entre o sistema de abastecimento tradicional e *Mizusumashi*. Adaptado de Coimbra (2013)

Sistema de Abastecimento Tradicional	<i>Mizusumashi</i>
Tipo transporte: Empilhador	Tipo transporte: Comboio (plataformas com rodas, vagões, puxadas por uma locomotiva)
Trabalho não padronizado: rotas e ciclos não definidos	Trabalho padronizado: rotas e ciclos bem definidos
Opera como um táxi: apenas se desloca aos locais quando é chamado	Opera como um metro/comboio: passa por todas as paragens definidas
Baixa produtividade	Alta produtividade
Equipamentos de custo elevado e difíceis de operar	Equipamentos com menor custo e mais fáceis de operar
Maior probabilidade de acidente e de danificar o material	Menor probabilidade de acidente e mantém os padrões de qualidade dos materiais
Percorre maior distâncias para abastecer a mesma quantidade de material e os mesmos locais do que o comboio	Tem em conta a redução das movimentações e distâncias percorridas
Não cria fluxo de informação	Cria fluxo de informação

Supermercado

Numa visita aos Estados Unidos da América na década de 50, Ohno (1988) verificou que, é da responsabilidade dos operadores de supermercados, certificarem-se de que o que os clientes necessitam está disponível em qualquer altura. Desta forma, percebeu que poderia aplicar este sistema numa linha de produção através do fornecimento de materiais em pequenos lotes à produção apenas quando fosse necessário. O sinal de reabastecimento emitido pela produção é através de um sistema *kanban*.

Os supermercados apresentam uma capacidade limitada, sendo estipulado uma quantidade mínima (*stock* de segurança) e máxima. Quando o ponto de encomenda é atingido é lançada uma ordem de produção para produzir os produtos em falta até atingir a capacidade máxima do supermercado. Consequentemente, o *WIP (Work In Progress)* e o *lead time* dos produtos irão diminuir aumentando a eficiência do processo (Monden, 1998).

Assim, devem ser criados supermercados de acordo com as seguintes regras:

- Ter um local fixo para cada referência de material, permitindo ao operador logístico facilmente identificar todas as referências;
- Proporcionar fácil acesso à atividade de *picking*;
- Posicionar-se entre dois corredores, um para o abastecimento e outro para o *picking*;
- Respeitar o princípio do FIFO (*First In, First Out*);
- Permitir boa gestão visual.

O fluxo logístico interno pode ser definido como uma sequência que começa nos supermercados de matéria-prima, inclui todo o armazenamento do produto intermédio, e termina com os supermercados do produto final. Desta forma, Coimbra (2013), identifica cinco diferentes tipos de supermercado:

- *Flow rack* (estantes deslizantes);
- Armazenamento no solo sobre rodas;
- Célula logística;
- Bordo de linha;
- Supermercado *kitting*.

Bordo de Linha

A logística interna é responsável por fornecer o material conforme o requisitado, na qualidade certa, no momento exato, no posto de trabalho correto, e com o método de apresentação previamente estipulado. A produção deve-se preocupar unicamente no fabrico do produto, concentrando-se exclusivamente na

qualidade e no tempo necessário para a transformação das matérias-primas em produtos finais (Coimbra, 2013).

O bordo de linha deve ser projetado baseando-se na localização apropriada e nas dimensões necessárias, de modo a melhorar as condições ergonômicas dos trabalhadores e a aumentar a sua produtividade. Por conseguinte, Coimbra (2013) identifica quatro critérios fundamentais para a criação de um bordo de linha:

- A localização dos materiais deve minimizar os movimentos de *picking* dos operadores;
- A localização dos materiais deve minimizar os movimentos dos operadores;
- O tempo necessário para mudar de materiais de um produto para outro deve ser reduzido;
- A decisão de abastecer ou reabastecer deve ser visível e instantânea (gestão visual).

Adicionalmente, a normalização dos processos, tanto no abastecimento dos materiais, pela logística interna, como no *picking*, pela produção, é de extrema importância para a diminuição da variabilidade dos processos e consequente aumento da consistência dos mesmos (Coimbra, 2013).

O posicionamento do bordo de linha no posto de trabalho é de extrema relevância para uma eficiente interface entre a logística interna e a produção. A sua disposição é tanto melhor quanto menor for as movimentações dos trabalhadores. Deste modo, Coimbra (2013) identifica dois tipos de bordo de linha relativamente à sua localização: localização frontal e localização na retaguarda.

Preferencialmente, o bordo de linha deve estar posicionado na parte frontal do posto de trabalho. Os materiais são fornecidos pela parte de trás e, através de estantes dinâmicas que garantem o FIFO (*First In, First Out*). Em caso de impossibilidade, o bordo de linha localiza-se na retaguarda dos operadores onde terão de rodar da frente para trás para escolher a peça necessária efetuando movimentações maiores. Na maioria dos casos, isto deve-se ao tamanho elevado dos materiais, como por exemplo na indústria automóvel.

O bordo de linha deve, ainda, ser capaz de fornecer à produção todo o material necessário durante o ciclo *mizusumashi*, tornando-se necessário estabelecer o número de caixas a serem abastecidas de acordo com os diferentes componentes.

O material deve estar devidamente identificado para que não haja confusões ou enganos e, deve garantir-se que todas as peças e contentores de peças podem ser movimentados à mão, sem qualquer tipo de assistência (Coimbra, 2013).

2.6 Casos Práticos

Nesta secção analisam-se casos práticos da literatura cujo tema é o estudo e melhoria de sistemas logísticos de abastecimento. Esta secção tem como objetivo identificar as soluções mais utilizadas na resolução de problemas existentes nas operações de abastecimento às linhas de produção através de comboios logísticos.

Numa primeira fase, apresenta-se um caso de estudo com recurso a um modelo de simulação. Posteriormente, descreve-se uma abordagem diferente, sendo que esta utiliza diagramas de esparguete para a melhoria do sistema logístico de abastecimento.

Barbosa (2019) tem como objetivo analisar rotas de abastecimento e identificar oportunidades de melhoria para melhorá-las através de um software de simulação. Este estudo incluiu a análise da produção diária por linha, os projetos mais produzidos em cada linha, a capacidade das rampas e *trolleys* de abastecimento, e o tempo necessário para executar as tarefas de abastecimento.

Foram criados três modelos de simulação com base em diferentes cenários de abastecimento, considerando as particularidades das linhas de montagem. Os dados recolhidos para a realização dos modelos incluíram:

- Tempos de ciclo dos produtos: Foram obtidos os tempos de ciclo para cada produto em cada linha de montagem. Esses tempos foram representados utilizando a distribuição *Random.Triangular*, que inclui valores mínimo, máximo e mais frequente para cada produto.
- Especificações dos materiais: Foram apresentadas as especificações dos materiais para cada produto, incluindo o tipo de embalagem, quantidade de peças por embalagem e o número de embalagens na linha de montagem, que define a capacidade máxima da linha.
- Tempos de chegada dos materiais: Foram definidos os tempos de chegada para cada material em cada produto, ou seja, o intervalo de tempo em que uma embalagem vazia surge na rampa de abastecimento.
- Tempos de *refill* dos materiais: Foram calculados os tempos médios de *refill* para cada material, representando o tempo necessário para reabastecer as embalagens vazias.
- Distâncias entre os pontos de abastecimento: Foram medidas as distâncias em metros entre os diversos pontos de abastecimento, incluindo o armazém e as linhas de montagem.

A construção do modelo de simulação foi realizada utilizando o *software* SIMIO. Foram criados objetos para representar as linhas de montagem, as rampas de abastecimento e os colaboradores responsáveis pelo abastecimento.

Foram adicionados processos e regras para simular o abastecimento das linhas de montagem com os materiais necessários, considerando os tempos de chegada e *refill*. Também foram criados gráficos e *labels* para visualizar a quantidade produzida, o comportamento dos materiais ao longo do tempo e o estado das linhas de montagem.

Além disso, foram consideradas diferentes configurações para os modelos de simulação, representando os cenários mais exigentes, mais frequentes e mais fáceis de abastecimento. Todas as propostas de melhoria apresentaram desafios e desequilíbrios na distribuição de tarefas entre os colaboradores, sendo que a velocidade média dos colaboradores teve impacto significativo nas taxas de utilização, mas nenhuma das soluções propostas foi totalmente adequada.

Reis et al. (2016) concentram-se na aplicação de abordagens e técnicas *lean* numa empresa automóvel, como resposta ao aumento da concorrência e às mudanças tecnológicas no mercado global.

Antes de implementar os princípios *lean*, a empresa em estudo enfrentava vários desafios devido a um sistema logístico não estruturado e ineficiente. Para enfrentar esses problemas, os investigadores utilizaram o conceito de comboio logístico e diagramas de esparguete para analisar o fluxo de materiais e identificar *bottlenecks* e ineficiências no processo de produção.

Os diagramas de esparguete forneceram uma representação gráfica dos movimentos de materiais e pessoas dentro da cadeia de valor, ajudando os investigadores a identificar as regiões mais visitadas pelo comboio logístico e áreas que foram negligenciadas ou utilizadas de forma ineficiente. Esses diagramas também destacaram caminhos demorados e situações em que o comboio logístico se desviou das regras estabelecidas em relação ao fluxo de materiais.

Com base na observação dos diagramas de esparguete, os investigadores identificaram vários problemas, incluindo tempos de ciclo irregulares, tempos de espera prolongados e rotas de transporte ineficientes. A carga de trabalho do operador do comboio logístico variava significativamente devido à falta de um circuito fixo e um tempo de ciclo padrão, resultando em desperdício significativo.

Para melhorar as operações da empresa, os investigadores propuseram várias soluções. Primeiro, eles estabeleceram um circuito fixo e um tempo de ciclo padrão para o comboio logístico, garantindo

passagens regulares e equitativas nos pontos de abastecimento. Essa padronização resultou na eliminação de caminhos inadequados e numa redução significativa do tempo gasto em várias atividades.

Outra melhoria envolveu a normalização da distribuição de materiais, garantindo um fornecimento igual para todos os operadores do comboio logístico. Sistemas de gestão visual, como cartões *kanban* e folhas de registo, foram implementados para reduzir os tempos de espera e simplificar os pedidos de materiais.

Além disso, os investigadores otimizaram o espaço disponível na fábrica, removendo *stocks* excessivos de materiais e melhorando os métodos de armazenamento. Essas mudanças resultaram na libertação de aproximadamente 32m² na área de produção.

No geral, a aplicação de abordagens e técnicas *lean*, orientadas pelas informações dos diagramas de esparguete, resultou em melhorias significativas. A padronização de rotas e tempos de ciclo do comboio logístico, juntamente com a implementação de sistemas de gestão visual, resultou em operações logísticas mais eficientes, redução de desperdício e aumento do espaço disponível na fábrica.

2.7 Síntese da revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica realizada foi fundamental para compreender todos os conceitos necessários à redação deste documento. Em alguns casos, essa revisão complementou os conhecimentos adquiridos ao longo dos 5 anos de curso, enquanto em outros casos, permitiu entender teorias com resultados comprovados nas áreas em estudo. Aplica-se esse conhecimento ao longo das próximas secções para fornecer propostas de melhoria mais sólidas e bem fundamentadas. Esta revisão permitiu ainda estudar dois casos práticos. Estes são importantes pois utilizam metodologias relevantes na resolução do mesmo tipo de problemas que podem ser encontrados ao longo da dissertação, como é o caso do diagrama de esparguete e a simulação.

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo apresenta empresa na qual o projeto de dissertação de mestrado foi realizado. Trata-se da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems*, localizada em Viana do Castelo.

3.1 Grupo *BorgWarner*

O grupo *BorgWarner* é uma empresa multinacional americana, fundada em 1928, com sede em Auburn Hills, Michigan, nos Estados Unidos da América. Esta resulta da fusão de empresas como *Borg & Beck* (1904), *Marvel-Schebler*, *Warner Gear* (1901) e *Mechanics Universal Joint*. A empresa atua no setor automóvel, fornecendo tecnologias de mobilidade limpa para veículos leves, comerciais e *off-road*. A empresa é líder global em tecnologias de sistemas de transmissão, sistemas de propulsão elétrica e térmica, além de ter um portfólio de produtos para redução de emissões e eficiência energética.

Como líder no mercado, a *BorgWarner* oferece soluções para veículos de combustão, híbridos e elétricos. Como tal, esta divide-se nas seguintes áreas:

- *Morse Systems*;
- *PowerDrive and Systems*;
- *Aftermarket*;
- *Fuel Injection Systems*;
- *Drivetrain Systems*;
- *Emissions, Thermal and Turbo Systems*.

A *BorgWarner* conta com 38.000 colaboradores em todo o mundo, em mais de 80 locais diferentes, distribuídos por 19 países. A visão da empresa é um mundo com energia mais limpa e eficiente, enquanto a sua missão é fornecer soluções de mobilidade sustentáveis e inovadoras. O seu *slogan* é "*Propelling a Clean Future*" e os seus valores incluem a integridade, inclusão, excelência, colaboração e responsabilidade.

3.2 *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo

Em 1967, é fundada a empresa *ENSA (Estampaciones Noroeste)* especialista em estampagem de peças metálicas para o setor automóvel. Em 1977 a *ENSA* adquire a sociedade *Prefabricados Abrain* e muda a localização para Vigo (Espanha).

Após uma série de novas aquisições este grupo passa a denominar-se *DAYCO ENSA, S.L.* Esta evolução tornou possível a abertura de uma nova unidade em Valença do Minho, em meados de 2005. Em janeiro de 2009 volta a trocar a denominação para *Dytech Ensa* e em junho de 2010 sofre nova alteração de nome para *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems*, Unipessoal LDA. Em 2014, a fábrica de Valença sofre uma relocalização e instala-se em Lanheses onde atualmente opera. Assim, localizada em Lanheses, Viana do Castelo, a *BorgWarner* insere-se na unidade de negócio *Emissions, Thermal and Turbo Systems* e conta com 1436 colaboradores em agosto de 2023, observando-se a sua fachada na Figura 5.



Figura 5 – Fachada da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo

Fornecedores

A fábrica tem 417 fornecedores espalhados pelo mundo e trabalha com 6042 referências de matéria-prima. De forma a garantir os níveis de excelência que lhe são reconhecidos, a *BorgWarner* exige aos seus fornecedores o cumprimento das janelas de entrega pré-estabelecidas e também o cumprimento de vários requisitos de qualidade. Na Figura 6 encontra-se a distribuição geográfica dos fornecedores.

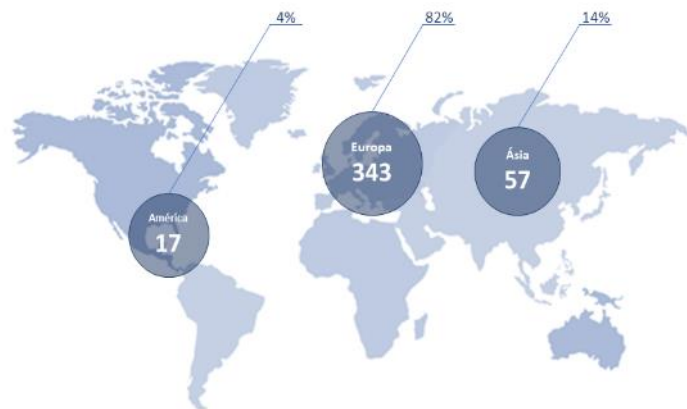


Figura 6 – Fornecedores da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo

É possível constatar que a maior parte dos fornecedores estão situados na Europa, estando os restantes na Ásia e uma parte pouco considerável na América do Norte e Centro.

Produtos

A *BorgWarner* Viana incorpora-se na área de negócios de *Emissions, Thermal and Turbo Systems*. Esta desenvolve diversos produtos (Figura 7) que podem ser agrupados nas seguintes categorias: *Coolers* EGR (*Coolers* e Módulos); Tubos EGR (Tubo *bypass* e Tubo EGR); Válvulas EGR; Eletrónicos (GPCM, *eBooster*, PTC *Heaters*).



Figura 7 – Produtos da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo

Clientes

A excelência e qualidade reconhecida aos produtos *BorgWarner* permite que a fábrica de Lanheses tenha uma vasta carteira de clientes, de entre os quais se incluem as mais conceituadas marcas de automóveis, bem como para outras empresas *BorgWarner*. Na Figura 8 surgem os principais clientes da fábrica.



Figura 8 – Clientes da *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* – Viana do Castelo

3.3 Síntese da apresentação da empresa

A *BorgWarner* é uma empresa multinacional americana, líder global em tecnologias de sistemas de transmissão, sistemas de propulsão elétrica e térmica, além de ter um portfólio de produtos para redução de emissões e eficiência energética. A *BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems* é uma unidade de negócios que desenvolve produtos como *Coolers* EGR, Tubos EGR, Válvulas EGR e eletrônicos. A fábrica de Viana do Castelo tem 1436 colaboradores e trabalha com 417 fornecedores em todo o mundo, principalmente na Europa, e tem uma vasta carteira de clientes, incluindo as marcas de automóveis mais conceituadas. Sendo a *BorgWarner* uma empresa que conta com inúmeros colaboradores, fornecedores, produtos e clientes, a empresa visa ter todas as suas operações bem estruturadas e otimizadas. Desse modo, no capítulo seguinte estuda-se o estado atual do sistema de logística interna da empresa.

4 ESTADO ATUAL DO SISTEMA DE LOGÍSTICA INTERNA

Na etapa inicial do projeto, foram realizadas análises detalhadas do *layout* e dos processos logísticos internos existentes, com o objetivo de identificar possíveis problemas que afetavam a eficiência do sistema em estudo. Este capítulo descreve o funcionamento e a organização do sistema atual.

4.1 *Layout* da fábrica

Analisando o *layout* da fábrica, ilustrado na Figura 9 constata-se que este fisicamente divide-se em 8 áreas distintas: o Armazém, duas áreas de *Electrostatic Discharge* (ESD), a área de Montagem, Fornos, a área de Fugado, a área mecânica de *Heaters* e ainda o Armazém ERW. A função do Armazém é de abastecer todas as linhas, sejam elas da área de Montagem, Fugado ou de uma área ESD. A área da Montagem é onde a matéria-prima sofre as primeiras operações, nomeadamente operações para fazer a junção de elementos mais pequenos, dando origem a peças intermédias, antes dos tratamentos a que se devem submeter. Após esta fase, as peças intermédias entram na área dos Fornos, onde serão aplicadas pastas para vedar as ligações e impedir fugas. Terminado este processo as peças intermédias entram na área do Fugado onde é feito um teste a eventuais fugas e, por fim, é também feito um teste à sua geometria. Caso estas cumpram todos os requisitos, as peças são colocadas nas caixas, ficando prontas para enviar ao cliente, passando as peças a designarem-se de produto terminado.

As áreas ESD são isoladas do resto da fábrica por ser uma área onde são produzidos produtos intermédios ou produtos terminados eletrónicos e que necessitam de evitar qualquer tipo de descarga eletrostática que os possa danificar.

O armazém ERW, distinto do Armazém em estudo nesta dissertação, trata-se de um local dedicado ao armazenamento de matéria-prima necessária ao fabrico de produto terminado na área ESD-2 e que necessitam de controlo de humidade e temperatura constante. A Área Mecânica dos *Heaters* produz componentes mecânicos necessários à produção de *Heaters* na Área ESD-2.

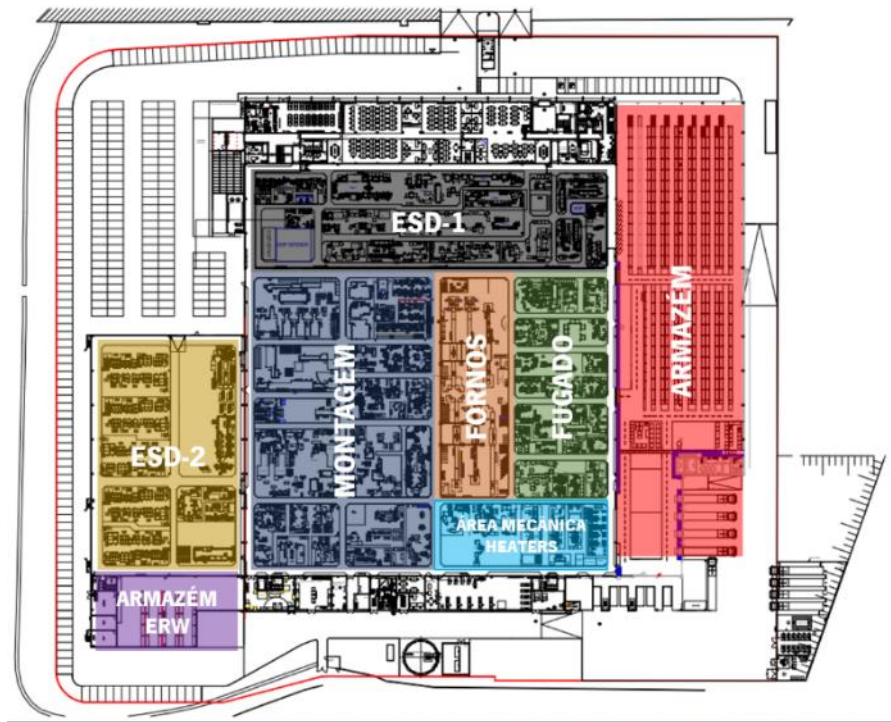


Figura 9 – Layout da fábrica

Layout e operações do armazém

O armazém encontra-se dividido em diversas áreas visíveis na Figura 10 e explicadas nos pontos seguintes.

- Cais de Cargas e Descargas - Locais utilizados pelos camiões para estacionar aquando da carga para cliente ou descarga do fornecedor.
- *Transfer Area Warehouse (TAW)* – É a área transitória, onde a matéria-prima proveniente de fornecedor é rececionada e guardada até ser posteriormente armazenada na estante;
- *Incoming* – Área onde o material rececionada aguarda inspeção de qualidade;
- Seleção e Reembalamento – São áreas destinadas a uma empresa externa, que inspeciona, seleciona e reembala material vindo dos fornecedores. Estas operações destinam-se a matéria-prima que irá para uma área ESD;
- *Storage Rack Warehouse Matéria-Prima (SRW)* – É a área onde está armazenada a matéria-prima, bem como consumíveis e embalagens vazias;
- Montagem de Caixas – É a área destinada a montagem de caixas de cartão, necessárias ao armazenamento de produto terminado;
- *Storage Rack Warehouse Produto Terminado (SRW)* – É a área onde está armazenado todo o produto terminado;

- *Finished Goods Warehouse* (FGW) – é a área destinada à preparação de pedidos de produto terminado para enviar ao cliente;
- Pré-Carga – É uma área de espera de produto terminado a ser enviado ao cliente.
- Cais de Resíduos – Área onde se depositam resíduos como sucata, cartão e plástico.

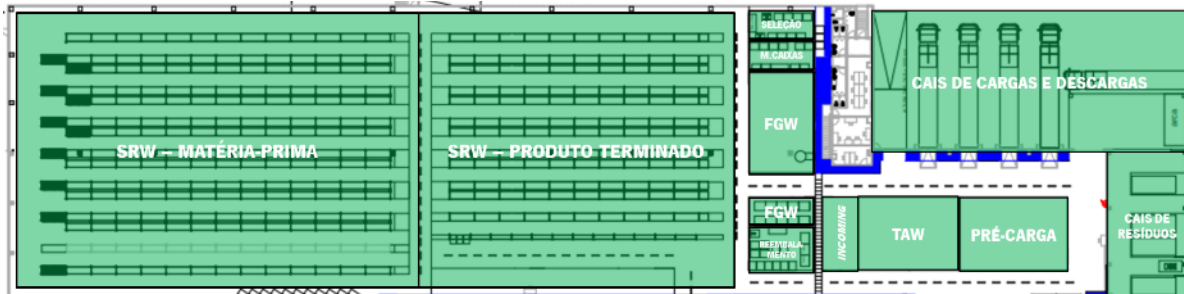


Figura 10 – *Layout* do armazém

Fluxo de Materiais e Informação

Qualquer matéria-prima que chegue à fábrica, deve passar por inúmeras operações. De uma forma geral, essas operações podem ser descritas da seguinte forma:

- Descarga – A matéria-prima é descarregada e armazenada no Armazém, na área TAW;
- Identificação e controlo de qualidade – Em TAW a matéria-prima é identificada com etiquetas SAP; quando necessário têm de passar uma inspeção por parte dos responsáveis da qualidade; depois disso o material é armazenado em SRW Matéria-Prima;
- Armazenamento de matéria-prima – Uma vez armazenada nas estantes SRW, a matéria-prima fica alocada até que surja uma necessidade por parte da produção;
- Supermercado – Denominado de “Nível 0 e 1” do Armazém em estudo, a matéria-prima é recolhida neste nível, pelo operador do comboio. Este supermercado encontra-se no Armazém, em todo o nível 0 e 1 em redor da área SRW Matéria-Prima;
- Produção – A matéria-prima é levada para os pontos de consumo. As quantidades a fornecer à linha são calculadas em função do consumo e do tempo da rota do comboio logístico;
- *Work in Progress* (WIP) – O produto intermédio em produção é movido de linha para linha (Montagem para Forno e Forno para Fugado) pelo comboio logístico;
- Produto terminado – O produto terminado é paletizado e recolhido pelo comboio logístico nas linhas. O comboio deixa estas paletes na área FGW;
- Preparação de pedidos – Na área FGW as paletes são cintadas para serem posteriormente armazenadas em segurança na área SRW Produto Terminado;

- Armazenamento de produto terminado – Quando é necessário preparar um pedido, o produto terminado é deslocado desde a estante SRW até FGW, onde é preparado para enviar conforme as especificações do cliente;
- Pré-Carga – Depois de preparado, o produto terminado é movido para a área de Pré-carga onde aguardará até ser carregado no camião;
- Carregamento – Durante o carregamento o operador verifica se o produto terminado está de acordo com a guia.

Para uma melhor compreensão deste fluxo, pode observar-se um fluxograma no Apêndice 1 – Fluxograma de Material e Informação.

4.2 Comboio logístico e *E-Kanban*

O comboio logístico é responsável por realizar o abastecimento das linhas de produção, seguindo um procedimento que envolve diversas etapas.

Na empresa existem 12 rotas que devem ser cumpridas por diferentes comboios logísticos que, por sua vez, podem transportar vários tipos de carruagens.

As rotas de produto terminado utilizam carros para produto terminado, sendo que cada carro pode transportar uma paleta. Se a rota de produto terminado se realizar nas áreas de Montagem e de Fugado pode transportar até 5 carruagens, enquanto nas áreas ESD, apenas 1 carruagem, devido à existência de corredores de menores dimensões nessas áreas.

As rotas de abastecimento de linhas de produção utilizam carros com prateleiras, jaulas de resíduos, carros de *klappas* e *rollers*. Se a rota de abastecimento percorrer as áreas de Montagem e de Fugado, o comboio pode transportar até 10 carruagens. Uma rota de abastecimento que seja feita numa área ESD apenas pode levar 8 carruagens.

Importa referir que todos os comboios logísticos atingem uma velocidade máxima de 6 quilómetros por hora e que cada um está equipado com um *tablet* e um *scanner* para realizar o pedido de matéria-prima ao Armazém, através de uma aplicação denominada de *E-kanban*.

O *E-kanban* é um sistema eletrónico de cartões *kanban* que permite que as informações de *stock* sejam transmitidas eletronicamente em tempo real. O operador do comboio logístico, na produção, faz o *scan* do código de barras de uma determinada referência de matéria-prima, de modo a emitir um pedido de matéria-prima ao Armazém. Este pedido vai ser recebido pelo operador de outra máquina existente na

empresa, chamada de trilateral. Esta circula entre as estantes de SRW Matéria-Prima e tem como principal função baixar caixas ou paletes de matéria-prima que se encontra nos níveis superiores das estantes, para os níveis 0 e 1. Desta forma, quando o operador do comboio logístico regressar ao Armazém consegue fazer o *picking* da matéria-prima nos níveis mais baixos das estantes.

A rota de abastecimento deve ser iniciada com o comboio carregado com o material necessário e deve ter uma periodicidade de 30 minutos.

Durante a rota, é necessário verificar as necessidades de matéria-prima das linhas de produção. Caso o número de caixas no bordo de linha seja inferior ao número indicado na etiqueta de produção, o operador deve ler o código de barras na etiqueta de produção presente nos bordos de linha e envia um sinal eletrónico para o operador da trilateral, informando que uma matéria-prima está em falta e que deve ser baixada das estantes para o nível 0 e 1 do Armazém. A transmissão de informação é feita utilizando os *tablets* e *scanners*.

Quando o operador da trilateral recebe o sinal eletrónico, deve baixar a paleta e confirmar a operação eletronicamente.

O operador do comboio assim que chega ao armazém começa a colocar a matéria-prima correspondente aos códigos nas carruagens do comboio. Para tal deve-se guiar pelas etiquetas representadas na Figura 11 que indicam a localização e quantidades necessárias das referências. Estes materiais estão localizados nos níveis 0 e 1 das estantes SRW.

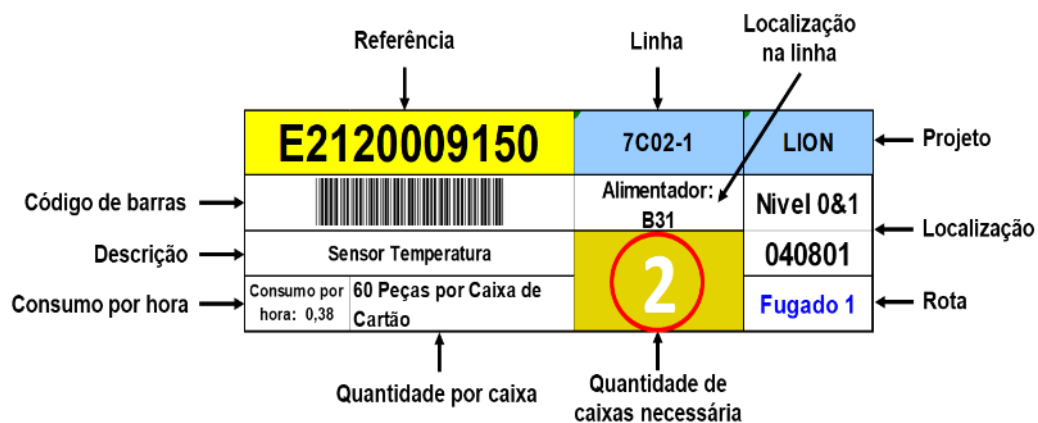


Figura 11 – Etiquetas de identificação nos bordos de linha

Assim que recolhidas todas as matérias-primas necessárias e de registar na aplicação *E-kanban* que o material foi retirado no nível 0 e 1, o operador retoma a sua rota.

Aquando da chegada às diferentes linhas, este deve ler o código de barras presente nas etiquetas que se encontram nas caixas de matéria-prima e registar a passagem das mesmas para a produção.

Paralelamente à entrega do material, deve voltar a recolher as necessidades das linhas através da leitura do código de barras presentes nos cartões anexados aos bordos de linha.

4.3 Outras funções do comboio logístico

O comboio logístico, além de abastecer as linhas, desempenha outras funções relevantes dentro da empresa. Nas próximas secções serão descritas as operações que o comboio logístico deve desempenhar.

Caixas vazias e consumíveis

As caixas vazias devem ser recolhidas e colocadas nas carruagens vazias do comboio. Se necessário, *rollers* de caixas vazias devem ser entregues, desde que requisitados na volta anterior.

O comboio também é responsável por entregar referências específicas de consumíveis (Caixa + Tampa; Caixa + Separador; Bandeja + Base) às linhas de produção, que estão nas gamas de embalagem da linha. Caso seja pedido um consumível sem referência na linha de produção, o comboio não deve entregar e deve alertar o *Team Leader*.

Etiqueta de reposição

Quando o operador está a fazer o *picking* e recolhe a última caixa da palete, deve nesse momento recolher a etiqueta de reposição (Figura 12) da referência em questão e colocá-lo numa caixa anexada no final de cada estante.

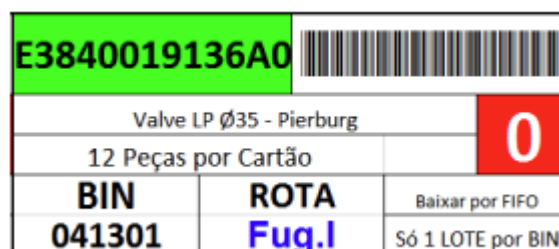


Figura 12 – Etiqueta de reposição

O operador encarregue por baixar o material para nível 0 e 1, deve recolher o cartão no depósito e consultar em sistema se existe esse material; caso exista, deve consultar a localização e baixar uma palete para o nível 0 e 1, e voltar a colocar o cartão magnético na estante.

No caso dos materiais de baixa rotação, pode haver uma mesma localização com paletes divididas com duas referências diferentes. Além desta informação, o cartão contém ainda outras informações como qual a rota do comboio a que pertence, o material, ou ainda uma pequena descrição do tipo e quantidades da referência. Para identificar as localizações, são utilizadas outras etiquetas (Figura 13) com letras maiores para facilitar a leitura mesmo à distância.



Figura 13 – Identificações de localizações nas estantes

Troca de referência

Quando a linha de produção informa que vai haver uma troca de referência de produto terminado, o comboio deve transportar dois carros: um carro de prateleiras vazio, onde devem ser colocadas, por parte da produção, as caixas de matéria-prima que sobraram da referência de produto terminado anterior. Além disso, um carro da referência de produto terminado atual, com todas as caixas de matéria-prima necessárias à produção da nova referência de produto terminado. Antes de transportar, é necessário verificar se a quantidade de caixas de matéria-prima a transportar é igual à indicada na folha informativa e, se houver algum componente em falta, é preciso repor antes de entregar na linha.

Os dois carros devem ser deixados na linha de produção e, na volta seguinte, transportados de volta para o Armazém, onde ficam armazenados junto a uma das paredes do mesmo.

Na Figura 14 pode visualizar-se um carro de troca de referência e um exemplo de uma folha informativa destinada ao mesmo.


				
<h1>7C02 - GM</h1>				
<h2>Carro de Troca de Referência</h2>				
Componentes	Denominação	Quantidade de caixas	Nível 0 e 1	Falta de material (X)
E1050005975	BOLT TORX GM ON2125 M6x18	2	031400	
E1050007397	BOLT TORX ISOM583 M6x16 (T30)	2	ED5033	
E1050007638	BOLT TORX ISOM583 M6x40 (T30)	2	031000	
E1080005983	ED30 - ROD SEAL Ø6	2	ED5025	
E1080007131	Elastometrica	2	031300	
E1080007132	GASKET - SEALANT	2	031200	
E1080007136	GASKET - SEALANT	2	ED5005	
E1100007229	ASY SHAFT FLAP	2	031400	
E1130005984	WASHER DIN126 Ø6	2	041500	
E1180007133	COVER	2	031100	
E1460002467	WASHER-BELLEVILLE	2	053601	
E1520013484	HOSE OD 8 x ID 3.5 x 100	2	031300	
E1790005979	PNEUMATIC ACTUATOR ASSEMBLY M1000	2	040400	
E3000005974	VALVE ASM-EGR VAC REG SOL	2	031701	



Figura 14 – Carro de troca de referência (direita) e respetiva folha informativa (esquerda)

Work in Progress (WIP)

Além de fornecer as linhas de produção com matéria-prima proveniente no Armazém, o comboio logístico tem a seu encargo a movimentação do WIP entre linhas, ou da Montagem para o Forno, ou do Forno para o Fugado.

Para controlar estes movimentos são utilizados cartões (Figura 15) anexados aos carros, que permitem controlar todos os locais por onde o material já passou, evitando que materiais possam chegar à área de Fugado sem terem passado no forno.

Passenger car 7123-2	LION	JAGUAR	0045	E3290007183AA	Montagem lateral e montar
E3290009151B0			A	33.111	534 70
E1010013512E			Destino: Forno Supermercado IN		
Cooler Solidário do Forno			0058	E3290007181A0	Dar posto e andar em Forno
Peças por Carro: 60			H	25.4	357 70
9 / 11			Destino: Forno Supermercado DUF		
			Destino: Supermercado		

Figura 15 – Cartão de WIP

Rotas de recolha de produto final

Após completar o processo de *picking* de matéria-prima, o operador do comboio estaciona o comboio e deixa as carruagens, levando apenas a locomotiva para a rota de produto acabado, onde vai recolher as paletes completas (de produto terminado) e abastecer a linha de produção com caixas vazias, na mesma proporção.

Nas linhas de produção existem 3 paletes: uma paleta vazia, uma paleta com caixas vazias e uma paleta a ser completada (ou já completa). No final da rota de recolha de produto acabado, recomeça um novo ciclo, o processo volta ao ponto inicial e funciona assim ciclicamente ao longo do turno.

Cais de Resíduos

Todas as rotas de comboio logístico devem deslocar-se ao cais de resíduos sempre que as jaulas de resíduos das linhas de produção se encontrem cheias, ou seja, não necessitam de fazer esta operação em todas as voltas da rota. Na produção é feita a segregação dos resíduos e os colaboradores do comboio logístico apenas fazem o depósito dos mesmos nos contentores apropriados, no cais de resíduos. Estes contentores estão afetos a um determinado tipo de resíduo, como mostra a Figura 16.



Figura 16 – Contentores de Resíduos

4.4 Rotas ESD

Após uma descrição do fluxo de informação e material dentro da fábrica, bem como da explicitação do funcionamento do comboio logístico, das suas operações e do *E-kanban*, podem-se agora descrever as rotas ESD existentes atualmente, que serão o foco desta dissertação. Estas são as rotas ESD-1, ESD-2, ESD-3 e representam cerca de um terço do número total de rotas da fábrica. Existe, ainda, uma quarta rota que suporta as três mencionadas anteriormente. Esta não será analisada, visto que só opera no

turno da manhã. Nos tópicos seguintes serão abordadas as linhas de produção que abastecem e o caminho que efetuam.

Rota ESD-1

Após o *picking* no armazém, a rota ESD-1 deve cumprir várias tarefas em diferentes linhas. Na Tabela 2 identificam-se as operações a executar e as linhas de produção onde o comboio logístico as efetua. Nesta rota em específico, o operador do comboio logístico nem sempre percorre o mesmo caminho no chão de fábrica, pois as linhas de produção que necessitam de recolha e entrega de produto intermédio nem sempre requerem que essa tarefa seja realizada em todas as voltas.

Tabela 2 – Operações associadas à Rota ESD-1

Operações	Linhas de Produção										
	E01	E03	E04	E05	E07	V02	V08	C02	C06	C12	C14
Abastecimento de Matéria Prima	X	X	X	X	X						
Recolha de Caixas Vazias	X	X	X	X	X						
Recolha de Caixas Limpas	X	X	X	X	X						
Entrega de Carros Logísticos	X	X	X	X	X						
Recolha de Sucata	X	X	X	X	X						
Recolha e Entrega de Produto Intermédio						X	X	X	X	X	X

Rota ESD-2

Na Tabela 3 são apresentadas as operações da rota ESD-2 que devem ser executadas e as respetivas linhas onde o comboio logístico as desempenha.

Tabela 3 – Operações associadas à Rota ESD-2

Operações	Linhas de Produção						
	E06	V04	V05	V06	V08	V09	V10
Abastecimento de Matéria Prima	X	X	X	X	X	X	X
Recolha de Caixas Vazias	X	X	X	X	X	X	X
Recolha de Caixas Limpas	X	X	X	X	X	X	X
Entrega de Carros Logísticos	X	X	X	X	X	X	X
Recolha de Sucata	X	X	X	X	X	X	X

Rota ESD-3

Na Tabela 4 estão listadas as tarefas da rota ESD-3 que devem ser realizadas, juntamente com as linhas de produção onde o comboio logístico as executa.

Tabela 4 – Operações associadas à Rota ESD-3

Operações	Linhas de Produção						
	C13	H03	H05	V02	V11	V12	V13
Abastecimento de Matéria Prima		X	X	X	X	X	X
Recolha de Caixas Vazias		X	X	X	X	X	X
Recolha de Caixas Limpas		X	X	X	X	X	X
Entrega de Carros Logísticos		X	X	X	X	X	X
Recolha de Sucata		X	X	X	X	X	X
Recolha e Entrega de Produto Intermédio	X						

Conhecidas as linhas de produção que as três rotas abastecem e as tarefas que os comboios logísticos desempenham, segue-se uma análise crítica da situação atual do sistema logístico de abastecimento.

O caminho que estas três rotas executam pela fábrica podem ser observados em Anexo 1 – Rota ESD-1, Anexo 2 – Rota ESD-2 e Anexo 3 – Rota ESD-3.

4.5 Análise crítica do sistema atual

Nesta secção, explora-se a importância da análise crítica da situação atual da empresa com base em *Key Performance Indicators* (KPI's), sendo eles a distância exata percorrida pelo comboio logístico, a quantidade máxima de caixas por rota, o tempo médio das diferentes rotas e o tempo médio gasto em viagem e nas linhas de produção. Posteriormente, é feita uma análise de atrasos das rotas e o número de quebras por falta de abastecimento.

Estes KPI's fornecem uma visão objetiva e mensurável do desempenho das rotas em estudo, permitindo identificar áreas de força e fraqueza, oportunidades de melhoria e suportar decisões suportadas em dados concretos.

De forma a obter toda a informação necessária à quantificação destes KPI's foram adotadas diferentes técnicas como a recolha de amostras através do seguimento no terreno das rotas dos comboios logísticos, consulta de documentação existente na empresa, como os registos de produção existentes em cada linha de produção e ainda um estudo de tempos, obtidos através de uma ferramenta de monitorização (AZITEK).

A ferramenta em questão permite, através da definição informática das rotas a percorrer, recetores e emissores de frequências, torna possível fazer o seguimento dos movimentos e contabilização dos tempos das rotas dos comboios logísticos.

Distância exata percorrida pelo comboio logístico

Após uma análise ao caminho que as diferentes rotas têm de percorrer foi possível quantificar a distância, em metros, que estas percorrem, verificando-se os valores na Figura 17.

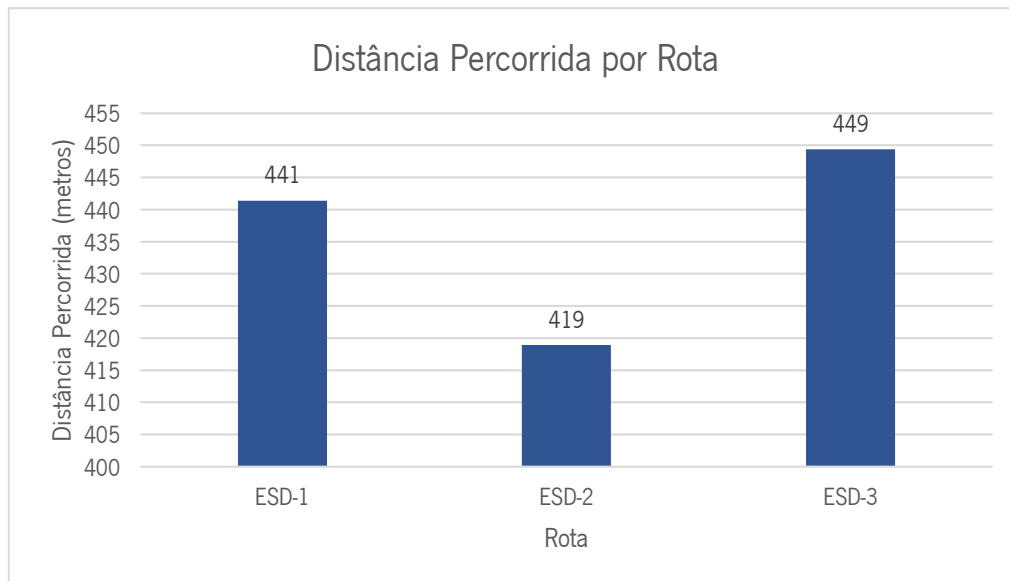


Figura 17 – Distância percorrida por rota em uma volta

Assim, constata-se que a Rota ESD-1 percorre 441 metros por rota, a Rota ESD-2 apresenta a menor distância a percorrer, com 419 metros, enquanto a Rota ESD-3 revela o maior valor, com 449 metros. Em termos percentuais, a Rota ESD-1 apresenta diferenças inferiores a 1,8% que a Rota ESD-3, e a Rota ESD-2 revela diferenças inferiores a 6,7% que a Rota ESD-3.

Movimentações do operador do comboio logístico

Após a quantificação da distância percorrida pelo comboio logístico, importa perceber as movimentações que o operador do comboio logístico executa. Para tal recorreu-se a diagramas de esparguete, onde se verifica o movimento do operador, tanto em cima do comboio logístico, como quando este sai do mesmo para abastecer as linhas e para fazer as operações de *picking*. Os diagramas de esparguete podem ser visualizados nos Apêndice 2 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-1, Apêndice 3 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-2 e Apêndice 4 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-3. A utilização desta ferramenta permitiu uma melhor perceção visual dos pontos críticos relativos ao desperdício de movimentações.

Quantidade máxima de caixas por rota

Na Figura 18 mostra-se o número máximo de caixas que o operador do comboio logístico deve transferir para as linhas de produção, se todas as linhas da mesma rota trabalharem ao mesmo tempo. Não existe um *standard* na empresa para a dimensão das caixas ou tipo de caixas, existindo cerca de 578 dimensões de caixas diferentes, entre caixas de cartão, plástico, tabuleiros e caixas ESD.

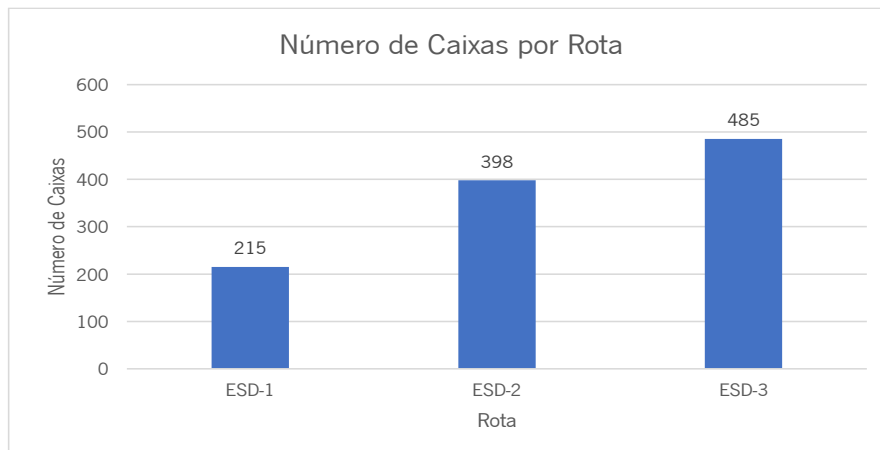


Figura 18 – Número de caixas por rota

Posto isto, nota-se que a rota ESD-1 apresenta o menor valor, sendo que abastece, no máximo, 215 caixas. A rota ESD-2 tem de transportar até às linhas de produção um total de 398 caixas, sendo que a ESD-3, abastece 485 caixas, o maior valor das três rotas em análise.

Tempo médio da volta

Nesta seção analisa-se o tempo médio de uma volta em cada rota (Figura 19). Este contabiliza a duração que a rota tem desde que o comboio logístico deixa o armazém, até que, após abastecer as linhas de produção e fazer o *picking* no armazém, volta a passar no mesmo ponto. Esta análise contempla uma amostra de 24 dias trabalhados.

Relembra-se, nesta secção, que a velocidade máxima do comboio logístico é de 6 quilómetros por hora e que a rota deve ser cumprida em 30 minutos.

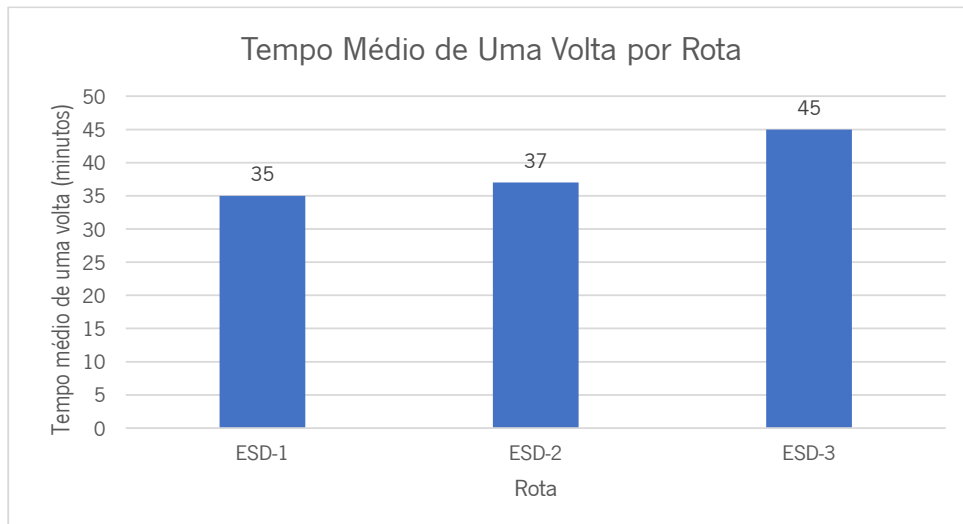


Figura 19 – Tempo médio de uma volta por rota

Deste modo, a Rota ESD-1 demora, em média, 35 minutos a fazer uma volta, sendo este o menor valor de todos. Com 37 e 45 minutos, temos o tempo médio despendido por volta das rotas ESD-2 e ESD-3, respetivamente.

Conjugando esta análise com as duas feitas anteriormente, constata-se que a Rota ESD-1, apesar de ser a segunda rota com maior distância a percorrer, é a rota que revela menor tempo e a que transporta menor número de caixas, enquanto a Rota ESD-2, apesar de percorrer menor distância, apresenta um número superior de tempo médio por rota e de número de caixas a abastecer. Em relação à Rota ESD-3, esta apresenta o maior valor em todos os parâmetros.

Tempo médio gasto por linha e em viagem

Posteriormente, é relevante saber que parte do tempo gasto em uma volta é despendido a abastecer as linhas de produção e que parte do mesmo se perde em viagens. No Apêndice 5 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-1), Apêndice 6 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-2) e no Apêndice 7 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-3) verificam-se essas distribuições, numa amostra de 24 dias trabalhados, para as rotas ESD-1, ESD-2 e ESD-3, respetivamente.

Na Rota ESD-1, constata-se que o colaborador do comboio logístico gasta muito tempo em duas áreas específicas da produção, em que deve cumprir diferentes tarefas. Estas áreas são na linha 7E04 (E04) e no posto de Calibração das Membranas (MEMBRANAS), enquanto no armazém o local em que passa mais tempo é a área das embalagens vazias (VAZIOS). Em relação a viagens, esta rota despende muito tempo quando parte da linha 7V04 (V04-V05) até chegar ao forno (FORNO), dado ser uma maior distância

a percorrer e ao facto de esta rota nem sempre cumprir o mesmo caminho pelo chão de fábrica. Outro valor do tempo despendido em viagem relevante é o tempo contabilizado ao longo da Estante 16 (ESTANTE 16 – INÍCIO), visto que esta é bastante longa e de um ponto até outro existe um determinado conjunto de operações de *picking* que são contabilizados pelo sistema como viagem.

Em relação à Rota ESD-2 verifica-se um elevado tempo gasto na linha 7V05 (V04-V05). Em relação ao armazém verifica-se o mesmo que na rota ESD-2, relativamente à Estante 16, enquanto o tempo gasto na área de embalagens vazias (VAZIOS) é bastante menor, dado que esta rota tem menos embalagens a recolher.

A Rota ESD-3 gasta muito tempo na produção na localização do portão ESD 2 (PORTÃO ESD 2). Constatase ainda que a linha 7V13 requer muito tempo para o seu abastecimento. Dentro do armazém, a área das embalagens vazias (VAZIOS) é o maior problema em termos de tempo despendido, enquanto se verifica a mesma questão na Estante 16 anteriormente analisada.

De forma a complementar os dados recolhidos pela plataforma de monitorização dos comboios logísticos, realizou-se um estudo de tempos de operação do colaborador do comboio logístico, através de um mês de medições em diferentes turnos, com diferentes colaboradores e em diferentes horas dentro do turno.

Em relação a estes tempos, revela-se que o operador do comboio logístico realiza mais operações junto das linhas de produção do que no Armazém, sendo que o maior número de operações realizadas nas linhas de produção é a recolha de embalagens vazias. A operação que leva mais tempo a ser executada, em média, é o levantamento de necessidades relativas ao abastecimento de matéria-prima, algo que se deve à falta de bordos de linha e, conseqüente falta de gestão visual.

Os tempos recolhidos podem encontrar-se no Apêndice 8 – Tempos de Operação do Colaborador do Comboio Logístico.

Análise de atrasos nas rotas

Nesta secção, analisa-se os atrasos existentes em cada rota e em todos os turnos. Para tal, contabiliza-se o número de voltas com atraso por rota e divide-se pelo número total de voltas percorridas por rota, em 24 dias trabalhados. Considera-se atraso, sempre que o comboio logístico não completa a sua volta dentro do tempo estipulado (30 minutos). Primeiramente, verifica-se a distribuição do número total de voltas percorridas por rota (Figura 20).

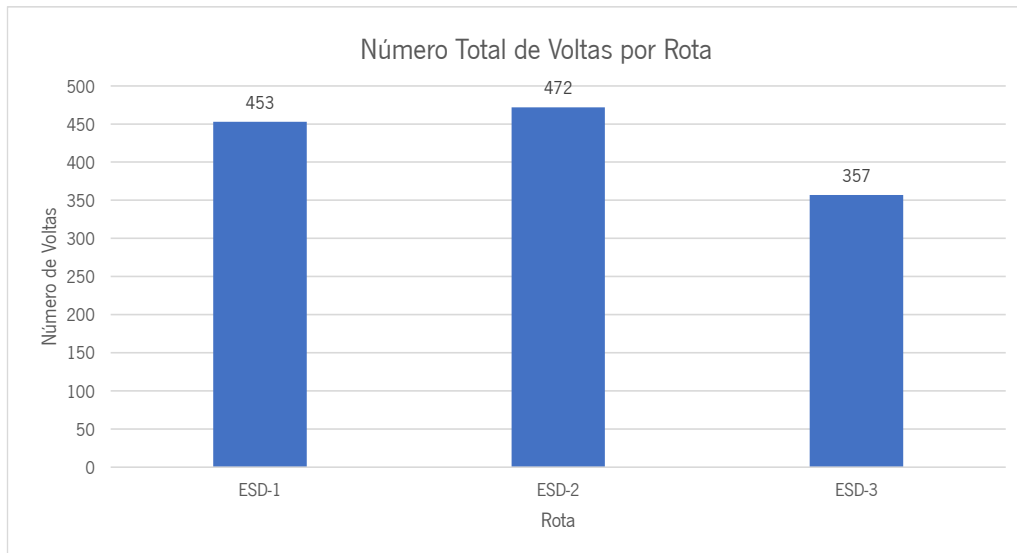


Figura 20 – Número de voltas por rota num período de dois meses

Desta forma, a Rota ESD-1 totaliza 453 voltas, enquanto as rotas ESD-2 e ESD-3 somam 472 e 357 voltas, respetivamente.

De seguida, verifica-se o número de voltas com atraso e o número de voltas sem atraso, por rota.

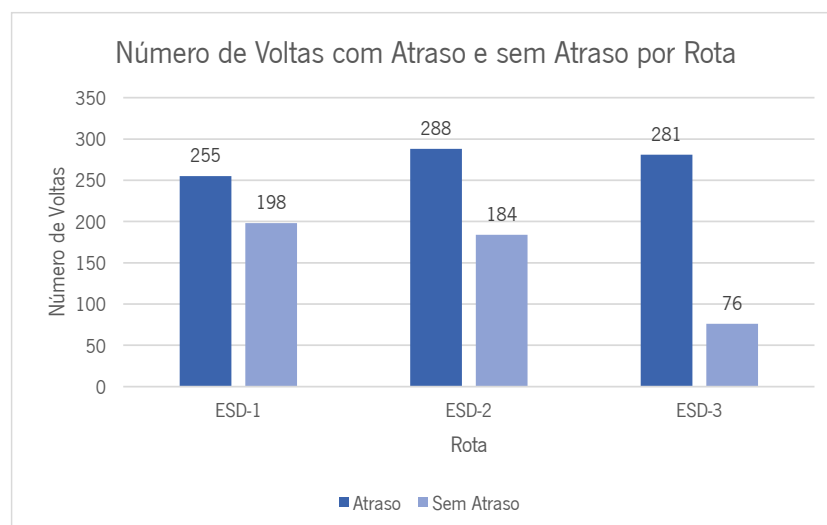


Figura 21 – Número de voltas com atraso e sem atraso por rota

Com a Figura 21 constata-se que em todas as rotas existem mais voltas com atrasos do que sem atraso, contabilizando 288 voltas sem atraso como o maior valor em ESD-2, enquanto 194 voltas em ESD-1 detém o valor mais alto das voltas sem atraso. Em ESD-3 verifica-se o número mais baixo de voltas sem atraso das três rotas, com apenas 76 voltas.

Posteriormente, distribui-se o número de voltas com atraso e o número de voltas sem atraso por rota pelos turnos em que estas se verificaram (Figura 22).

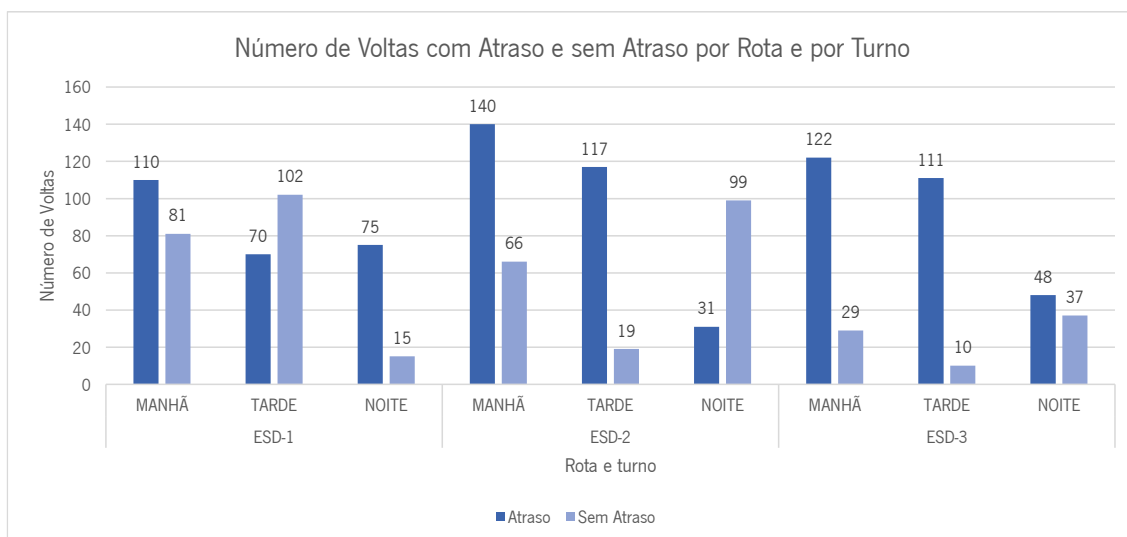


Figura 22 – Número de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno

Neste caso, observa-se que o maior valor de voltas com atraso em todas as rotas ocorre no turno da manhã, enquanto o turno da tarde e da noite têm oscilações nos valores. Em ESD-3 ambos os turnos apresentam mais voltas com atraso do que voltas sem atraso. Em ESD-1 e ESD-2 tomam posições opostas. Na primeira rota, o turno da tarde apresenta mais voltas sem atraso, do que com atraso, enquanto o turno da noite é precisamente o contrário. Na segunda rota, o turno da noite totaliza mais voltas sem atraso e o turno da tarde mais voltas que não cumprem o tempo estabelecido.

Por fim, estuda-se a percentagem de voltas que demoram mais e menos de 30 minutos, por rota e por turno (Figura 23).

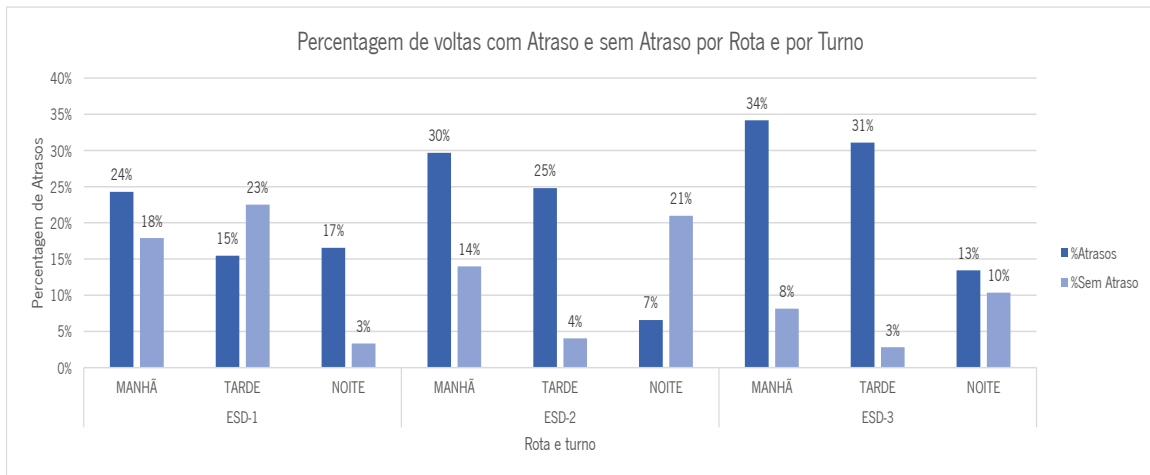


Figura 23 – Percentagem de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno

Neste último gráfico contemplam-se as mesmas conclusões que no anterior. A diferença encontra-se na distribuição percentual dos dados, que nos permite uma melhor assimilação do estado atual do sistema logístico de abastecimento.

Duração média de atrasos e número médio de atrasos

Tendo em conta a percentagem de atrasos existentes nas diferentes rotas, é relevante avaliar quanto tempo é que os comboios logísticos se atrasam nas diferentes rotas, bem como a média de atrasos por dia (Figura 24). Estas análises contemplam uma amostra de 24 dias trabalhados.

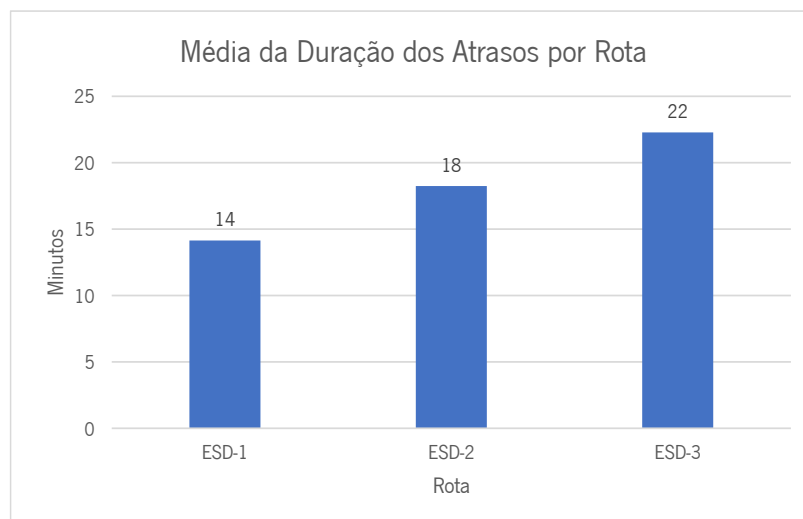


Figura 24 – Média da duração dos atrasos por rota

Constata-se que a Rota ESD-3 é a que mais tempo se atrasa, verificando-se um atraso médio de 22 minutos. A Rota ESD-2 apresenta um atraso médio de 18 minutos, enquanto a Rota-ESD-1 é que regista menos atraso médio, com 14 minutos.

Analisa-se agora a média de atrasos por dia e por rota. Entende-se por dia os três turnos de 8 horas, perfazendo assim 24 horas.

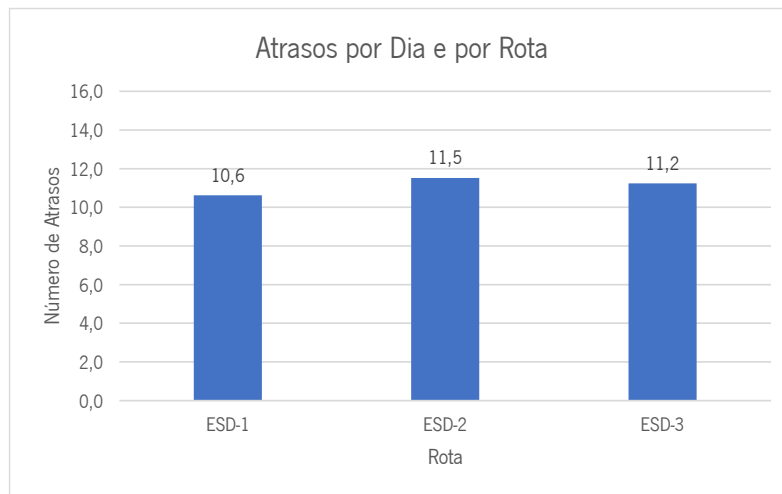


Figura 25 – Atrasos por dia e por rota

Através da Figura 25, mostra-se que a Rota ESD-2 apresenta um maior número de atrasos por dia, com 11,5 atrasos. As rotas ESD-1 e ESD-3 totalizam 10,6 e 11,2 atrasos por dia, respetivamente.

Número e média de quebras por falta de abastecimento

Finalmente, é importante mostrar a duração total de quebras de produção por falta de abastecimento do comboio logístico às linhas e a média com que elas ocorrem durante um dia de trabalho (24 horas). A recolha destes dados mostra-se difícil, dado que nem todas as linhas produzem nos mesmos dias, ou nos mesmo turnos. Além disso, o registo dessas paragens é feito por pessoas diferentes e com metodologias diferentes, consequentemente afetando a recolha dos mesmos.

Na Figura 26 pode-se observar a duração total das quebras de produção por rota, numa amostra de 69 dias trabalhados.

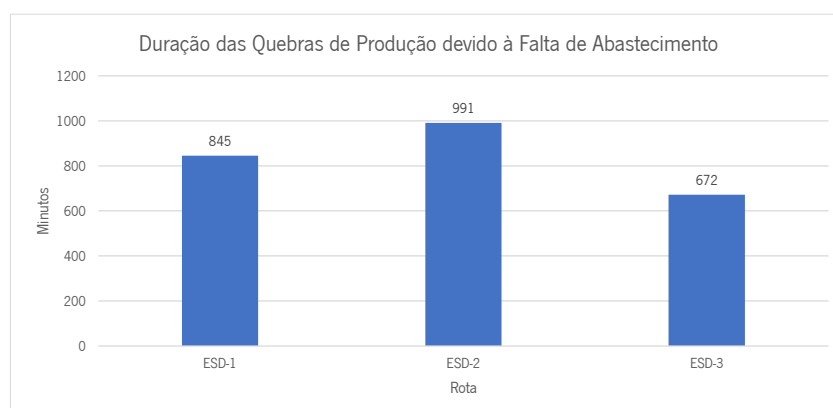


Figura 26 – Duração das quebras de produção devido à falta de abastecimento

A Rota ESD-1 totaliza uma duração total das quebras de produção de 845 minutos. O máximo e o mínimo são contabilizados pelas Rota ESD-2 com 991 minutos e pela Rota ESD-3 com 672 minutos, respetivamente.

Por fim, expõe-se na Figura 27, a média de quebras de produção que ocorrem durante um dia de trabalho, sendo feita uma análise para cada rota. O cálculo da média é desenvolvido através da divisão do número de quebras pelo número total de dias trabalhados contabilizados, neste caso, 69 dias.

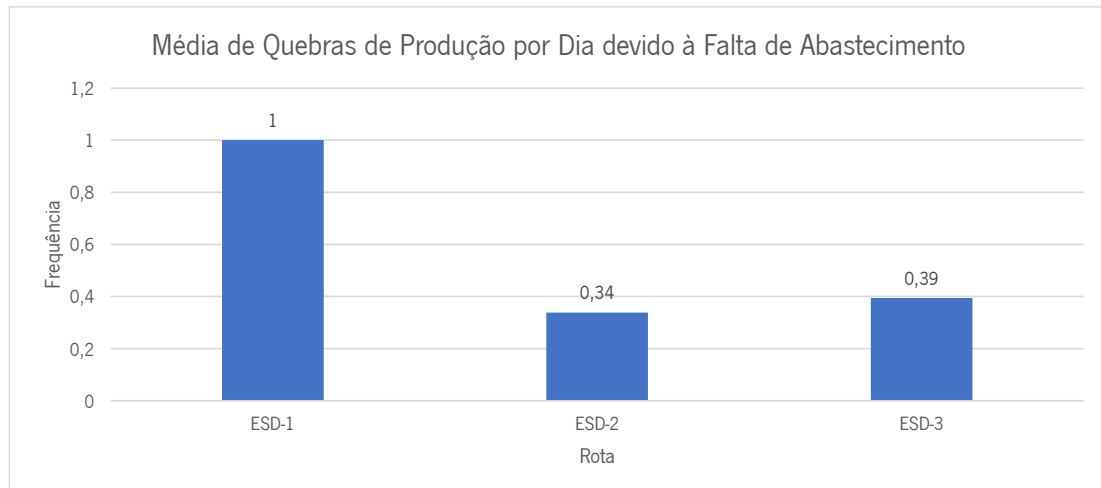


Figura 27 – Média de quebras de produção por dia devido à falta de abastecimento

Constata-se que a Rota ESD-1 tem uma média de 1 quebra diária, no entanto a Rota ESD-2 e ESD-3, apresentam médias bastante inferiores, sendo elas de 0,34 e 0,39 quebras de produção por dia, respetivamente.

4.6 Pontos críticos

Após uma análise quantitativa dos dados obtidos, mostra-se relevante a identificação dos pontos mais críticos, sejam eles no Armazém ou na Produção. Entende-se por ponto crítico, qualquer linha de produção ou área do Armazém que seja passível de melhoria. Nesta secção serão ainda expostas as causas que revelam a criticidade da melhoria nestes pontos.

Área de embalagens vazias

Nesta área o operador do comboio logístico deve colocar em paletes as embalagens vazias que foram recolhidas nas linhas de produção, sendo estas posteriormente retornadas ao seu devido fornecedor. Cada palete tem um limite de embalagens que deve levar, de forma a garantir que o fornecedor está sempre a receber as embalagens e, assim, criar um melhor fluxo das mesmas. Assim que a palete esteja

completa os operadores devem colocar uma etiqueta que identifica a palete e transportá-la para a área de Pré-carga quando solicitado. Esta operação de transporte não é feita pelo colaborador do comboio logístico e, por esse motivo, não será analisada.

Através de um acompanhamento no terreno, os maiores problemas levantados foram:

- Tempo elevado à procura da palete de determinada referência de embalagem;
- Etiquetas perdidas.

Tendo em conta a exposição destes tópicos, encontraram-se as seguintes causas:

- Identificações desatualizadas;
- Falta de identificações;
- Falta de localização para as etiquetas.

A Figura 28 mostra a gestão visual na área de embalagens vazias.

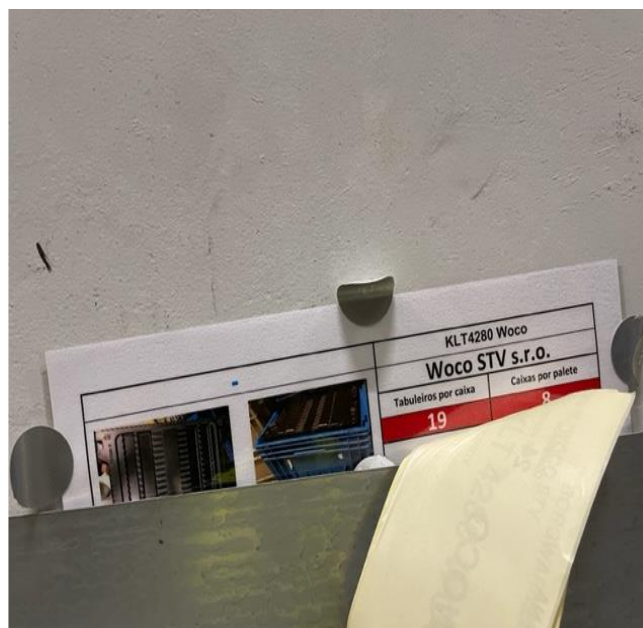


Figura 28 – Estado atual das identificações e etiquetas na área de embalagens vazias

Verifica-se então a oportunidade de melhoria nesta área de embalagens vazias que será abordada novamente na secção de propostas de melhoria.

Estante 16

Esta é uma das áreas de *picking* existentes no Armazém. Os operadores do comboio logístico devem recolher as referências de matéria-prima que se encontram no nível 0 e 1 desta estante e carregar as

caixas no comboio logístico. Caso a referência de matéria-prima não se encontre nestes níveis, o operador da trilateral deve baixar a quantidade de caixas requerida para o final da Estante 16. Deve ainda fazer a reposição das paletes de referências de matéria-prima alocadas ao nível 0 e 1.

Os problemas levantados pelos operadores nesta área foram:

- Ergonomia fraca;
- Elevado tempo gasto na operação de reposição de paletes de referências que estão no nível 0 e 1 da Estante 16.

Tendo em conta a exposição destes tópicos, através de acompanhamento no terreno, encontraram-se as seguintes causas:

- Nível 0 muito baixo (nível do chão);
- Nível 1 muito alto;
- As etiquetas de reposição perdem-se e, por vezes, o processo é feito através do “passa a palavra”.

Na Figura 29 demonstra-se um colaborador do comboio logístico a fazer o *picking* de matéria-prima no nível 0 e 1 da Estante 16, onde se pode ver a situação ergonómica atual ao realizar esta operação.



Figura 29 – Situação ergonómica atual no *picking* de matéria-prima na Estante 16

Constata-se então a oportunidade de melhorar a ergonomia na Estante 16, mais concretamente no nível 0 e 1 da mesma e ainda a oportunidade de informatizar o processo de pedido de reposição das paletes neste nível.

Linha 7E04 e posto de calibração de membranas

Nestes postos de trabalho foi reportado, por parte dos colaboradores do comboio logístico, muito tempo perdido na leitura dos códigos de barras com o *scanner*, aquando da transação informática de matéria-prima de Armazém para a Produção.

Este problema ocorre devido à má conexão entre a rede *WiFi* da empresa e os *scanners*. Isto causa dois tipos de desperdício, esperas e movimentações, dado que o operador tem de se deslocar a outro local para que obtenha melhor conexão no dispositivo e a transação seja executada com sucesso.

Linha 7V05

Esta linha de produção revela um tempo elevado no abastecimento. Como causas raiz identificaram-se alguns pontos:

- Bordo de linha mal dimensionado;
- Carro de prateleiras como ponto de abastecimento de matéria-prima.



Figura 30 – Bordo de linha e carro de prateleiras da linha 7V05

Como se observa na Figura 30, existe oportunidade de redefinir o bordo de linha e eliminar o carro de prateleiras que neste momento dá suporte ao bordo de linha. Este suporte ocorre devido à existência de um número elevado de referências de matéria-prima que devem ser abastecidas no bordo de linha que, por sua vez, está mal dimensionado.

Linha 7V13

Nesta linha de produção, através de um acompanhamento no terreno, levanta-se o seguinte problema:

- Tempo elevado no abastecimento.

Esta situação é causada por vários fatores:

- 2 locais de abastecimento separados por um corredor;
- Inexistência de bordos de linha (abastecimento é feito em carros com prateleiras);
- Fraca gestão visual.



Figura 31 – Carros de prateleiras da linha 7V13

Verifica-se, na Figura 31, oportunidades de melhoria na implementação de bordos de linha e ainda na gestão visual.

Síntese dos pontos críticos e da situação atual da empresa

O estudo realizado sobre o sistema logístico de abastecimento revelou que o seu funcionamento pode ser melhorado. Durante as observações realizadas, identificaram-se situações frequentes de desvios no funcionamento do sistema de abastecimento, como o não cumprimento do *standard* de 30 minutos por volta, o elevado tempo gasto nas linhas de produção, devido à má gestão visual e ao mau dimensionamento/inexistência de bordos de linha, e o tempo despendido no armazém, devido à falta de ergonomia e gestão visual. Verifica-se ainda um elevado número de atrasos que originam interrupções das linhas de produção, sendo que estas interrupções têm uma duração bastante elevada.

Em suma, há oportunidades de melhoria na logística interna, especialmente no que diz respeito às operações inerentes ao comboio logístico.

Na Tabela 5, observa-se uma síntese dos pontos críticos identificados, sendo que a cinzento são os problemas que se pretende solucionar na secção seguinte.

Tabela 5 – Tabela síntese dos pontos críticos

Área	Rota	Pontos Críticos	Problemas	Causas
Armazém	Todas	Embalagens Vazias	Tempo elevado de operação	Identificações desatualizadas
				Falta de identificações
			Etiquetas perdidas	Falta de localização para as etiquetas
		Estante 16	Fraca ergonomia	Nível 0 ao nível do chão
				Nível 1 alto
			Tempo elevado de operação	Reposição de paletes de referência do nível 0 e 1
ESD-1	ESD-1	Linha 7E04	Tempo elevado aquando da transação informática da matéria-prima do Armazém para a Produção	Má conexão entre a rede <i>WiFi</i> e os <i>scanners</i>
		Calibração das Membranas		
	ESD-2	Linha 7V05	Tempo elevado no abastecimento	Bordo de linha mal dimensionado
				Carro de prateleiras como ponto de abastecimento
	ESD-3	Linha 7V13	Tempo elevado no abastecimento	2 locais de abastecimento separados por um corredor
				Inexistência de bordos de linha
			Fraca gestão visual	

5 PROPOSTAS DE MELHORIA

No presente capítulo é descrito o processo de desenvolvimento e implementação de melhorias, tendo em conta os problemas identificados anteriormente, bem como as limitações e obstáculos encontrados durante o projeto. Com este propósito, realizaram-se várias reuniões com a equipa, apresentando sugestões de melhoria, e expondo o estado de implementação das mesmas.

5.1 Gestão visual na área de embalagens vazias

Como verificado anteriormente, na área de embalagens vazias existe uma gestão visual precária. Para melhorar este aspeto, realizaram-se novas identificações que contêm informações essenciais para o operador do comboio logístico. Na Figura 32 verifica-se um exemplo das identificações que foram implementadas na área de embalagens vazias.

EMBALAGENS VAZIAS	
Referência E9020009665	
Descrição Tabuleiro para housing pequeno	Referência do tabuleiro FCI 0911 82 00
Fornecedor Microplásticos	
Tabuleiros por palete 88 Tabuleiros	
Acondicionamento Tipo de palete Europaleta de madeira EUR/EPAL fumigada	
Tampa Tampa preta	
Acondicionamento F ilmado	

Figura 32 – Novas identificações da área de embalagens vazias

Nestas identificações o operador logístico consegue ter uma melhor perceção de diferentes aspetos, tais como:

- A referência interna da embalagem;
- A descrição da embalagem;
- A referência de fornecedor para essa embalagem;
- O fornecedor da embalagem;
- O número de embalagens por palete;

- Imagens caracterizadoras da embalagem a colocar;
- Todo o acondicionamento necessário para o envio das embalagens para fornecedor.

Posteriormente, foram colocados sacos destinados a inserir as etiquetas necessárias aquando do envio das embalagens para fornecedor. Dessa forma, de baixo das identificações, o operador do comboio logístico sabe que pode encontrar as etiquetas correspondentes à embalagem respetiva. No total, foram colocadas 73 novas identificações e sacos para as etiquetas, alterando assim, todas as identificações existentes nesta área.

Na Figura 33 observa-se a gestão visual da área de embalagens vazias após a implementação da proposta de melhoria.

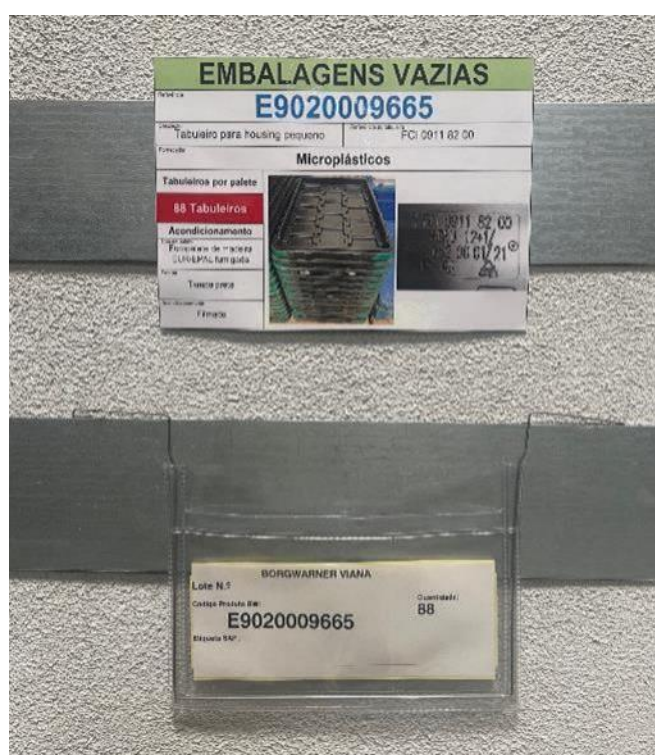


Figura 33 – Estado das identificações e etiquetas na área de embalagens vazias após implementação da proposta de melhoria

5.2 Informatização do pedido de reposição de paletes no nível 0 e 1

Atualmente, o pedido de reposição de paletes no nível 0 e 1 é feito através de um cartão magnético que é recolhido e colocado num depósito no final de cada estante. A trilateral deve recolher o cartão magnético nesse depósito, baixar a paleta da referência de matéria-prima correspondente e devolver o cartão magnético ao respetivo local.

Por vezes, este processo é feito através do “passa a palavra”, resultando em elevada demora a baixar as paletes de matéria-prima quando ocorre rutura das mesmas no nível 0 e 1. De forma a reduzir o

tempo de espera, procurou-se introduzir na aplicação *E-kanban* uma funcionalidade que alerte a trilateral da rotura em tempo real.

Na Figura 34 pode verificar-se o que o operador do comboio logístico visualiza na aplicação, após fazer *scan* de uma referência de matéria-prima.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Estado	Eliminar
Capacitarios	E1260039123A0	OUTER CASE WITH OVERLAP 31 TH1 L126	1	154000	Necessidade	

Figura 34 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador do comboio logístico

Na Figura 35 observa-se o *display* da mesma aplicação utilizada no *tablet* do operador da trilateral, quando recebe uma necessidade por parte do comboio.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Rota	Estado	Colocar em Picking	TAW / Inc.	Sem Stock
7H03-3	E1739760003B0	HOUSING FLANGE Alu C1/MCA	4	EST 5-6	Fugado 2	Necessidade			

Figura 35 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador da trilateral

Para que esta sugestão de melhoria fosse implementada, foi criado um campo na aplicação *E-kanban*, para o operador do comboio logístico selecionar. Ou seja, por cada referência de matéria-prima com localização fixa no nível 0 e 1 que o operador do comboio logístico faça *scan*, aparece com um novo campo, passível de ser selecionado no seu *tablet*. Ao selecioná-lo, é gerada uma necessidade de uma paleta da referência de matéria-prima no *tablet* do operador da trilateral. Esta necessidade deve aparecer com uma cor diferente, distinguindo assim o que é uma necessidade devido a rotura e o que é uma necessidade normal. Deve, ainda, aparecer a localização para a qual aquela paleta deve ser baixada.

Na Figura 36 pode verificam-se as alterações feitas no *display* da aplicação que o operador do comboio logístico observa no seu *tablet*.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Reposição 0 & 1	Estado	Eliminar
7V11	E3798841294J0	SOLENOID	1	160900		Material Zona Picking	

Figura 36 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador do comboio logístico após as alterações

Quando o operador do comboio logístico seleciona o campo de “Reposição 0 & 1” surge uma alteração no seu display indicando que a necessidade foi gerada na trilateral e que o operador do comboio logístico deve aguardar a reposição da paleta, como se verifica na Figura 37.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Reposição 0 & 1	Estado	Eliminar
7V11	E3798841294J0	SOLENOID	1	160900	Aguarda Reposição	Material Zona Picking	

Figura 37 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador do comboio logístico enquanto aguarda a reposição da paleta

Na Figura 38 nota-se como a necessidade gerada aparece no *display* da aplicação no *tablet* do operador da trilateral.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Rota	Estado	Colocar em Picking	TAW / Inc.	Sem Stock
7V11	E3798841294J0	SOLENOID	1	160900	ESD2	Necessidade Reposição 0 & 1	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 38 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador da trilateral após o pedido de reposição de paleta

Assim que o operador da trilateral recebe a necessidade, pode informar o operador do comboio logístico que já repôs a paleta com a respetiva referência de matéria-prima na sua localização, clicando no campo “Colocar em *Picking*”, se a paleta a que se encontra na área de receção ou inspeção de qualidade, selecionando o campo “TAW/Inc” ou se não existe *stock* dessa referência de matéria-prima, premindo o campo “Sem *Stock*”. Dependendo da situação, o operador do comboio logístico é informado de três formas distintas.

Na Figura 39 observa-se como o operador do comboio logístico é informado que a paleta já foi reposta no nível 0 e 1.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Reposição 0 & 1	Estado	Eliminar
7V11	E3798841294J0	SOLENOID	1	160900	Material reposto	Material Zona Picking	

Figura 39 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador do comboio logístico confirmando a reposição da paleta

De seguida, na Figura 40 constata-se a informação recebida pelo operador do comboio logístico, caso o material esteja em TAW ou na área de inspeção de qualidade.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Reposição 0 & 1	Estado	Eliminar
7V11	E3798841294J0	SOLENOID	1	160900	Material em TAW/Inc	Material Zona Picking	

Figura 40 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador do comboio logístico confirmando que o material está em TAW/Inc

No último caso, Figura 41, verifica-se como o operador do comboio logístico é informado que não existe *stock* da referência de matéria-prima que necessita.

Linha	Referencia	Descrição	Qtd	Localização	Reposição 0 & 1	Estado	Eliminar
7V11	E3798841294J0	SOLENOID	1	160900	Sem Stock	Material Zona Picking	

Figura 41 – *Display* da aplicação *E-kanban* no *tablet* do operador do comboio logístico confirmando a falta de *stock*

Assim que alguma destas três opções seja selecionada pela trilateral a linha com essa referência de matéria-prima é automaticamente eliminada dessa linha do seu *tablet*, concluindo o processo de reposição de paletes no nível 0 e 1.

Além das sugestões de melhoria implementadas ao longo do projeto, foram desenvolvidas outras propostas para solucionar alguns dos restantes problemas identificados como pontos críticos. Contudo, devido às limitações e aos obstáculos encontrados, não foi possível implementá-las. Estas propostas estão descritas nas seguintes secções.

5.3 Rampa de abastecimento para a Linha 7V05

Na linha 7V05 existe oportunidade de redefinir o bordo de linha e eliminar o carro de prateleiras que neste momento lhe dá suporte. Este suporte ocorre devido à existência de um número elevado de referências de matéria-prima que devem ser abastecidas no bordo de linha.

Esta linha de produção apresenta um total de 48 referências de matéria-prima, sendo que, para eliminar o carro de prateleiras, todas estas referências necessitam de ser colocadas no bordo de linha. Para que isso aconteça, o bordo de linha precisa de ser aumentado. Contudo, o espaço de chão de fábrica disponível para esta linha encontra-se limitado e um aumento do bordo de linha não é equacionado de momento.

De forma a amenizar o problema existente, ocorre a possibilidade de realocar uma referência de matéria-prima do bordo de linha para um novo local.

A referência vem em caixa de cartão com as dimensões 310mm*210mm*160mm, sendo o primeiro valor o comprimento, seguido da largura e, por fim, a altura.

O objetivo desta proposta de melhoria é que esta referência de matéria-prima seja abastecida numa rampa junto à máquina em que é utilizada. Dessa forma, um espaço no bordo de linha ficará livre e poderá ser aproveitado para alocar outra referência.

Em primeiro lugar, foi escolhido o local adequado para que este abastecimento fosse possível.

Na Figura 42 verifica-se o local selecionado para a colocação da rampa de abastecimento, e como é visível, já existe um pequeno suporte junto ao operador da máquina. A rampa de abastecimento trata-se de um alongamento deste suporte, que chega até ao corredor onde passa o operador do comboio logístico.



Figura 42 – Local para a rampa de abastecimento

Na Figura 43 verifica-se a proposta de rampa para este local.

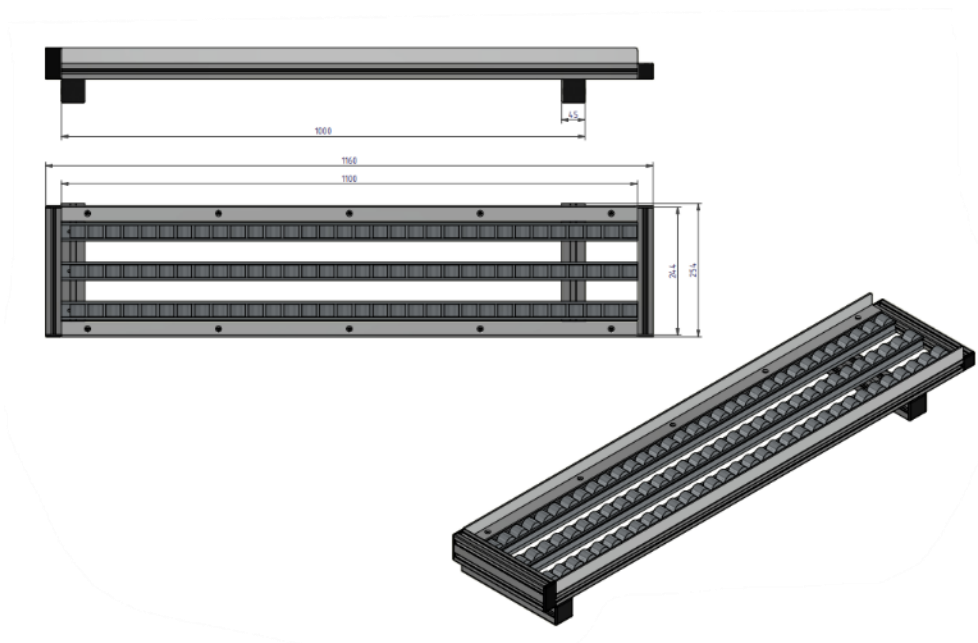


Figura 43 – Proposta da rampa de abastecimento

5.4 Bordos de linha para a Linha 7V13

Como foi referido anteriormente, a linha 7V13 é considerado um ponto crítico. A criticidade desta linha deve-se ao facto de não existirem bordos de linha, sendo o abastecimento feito em dois carros de prateleiras. A matéria-prima, ao ser colocada nestes carros, acaba por ter uma fraca gestão visual e os

operadores do comboio logístico sentem dificuldades no abastecimento, gastando mais tempo nessa operação.

No desenvolvimento desta proposta, foram recolhidas todas as dimensões das embalagens de matéria-prima necessárias à linha 7V13, alocando estas a dois bordos de linha distintos, um para cada parte da linha. Os critérios de divisão utilizados foram a proximidade das referências de matéria-prima à máquina onde serão utilizadas e o espaço de chão de fábrica disponível.

Na Figura 44 constata-se à esquerda, as referências de matéria-prima, as dimensões das caixas e as máquinas onde devem ser consumidas para um bordo de linha, sendo que à direita observam-se os mesmos tópicos para o segundo bordo de linha.

Componentes	Referência		Máquina	Componentes	Referência		Máquina
E1220015581A0	SENSOR	450*400*100	M1	E1290023244A0	PIN	350*270*110	M5
E1270034066B0	Cover Seal	400*300*200	M1	E1050001027	Motor Screw (M4x10)	205*200*95	M5
E1270015569A0	SEAL - ASSEMBLY	300*200*140	M2	E1490034727B0	BRACKET - MOTOR	400*300*140	M5
E1400015566A0	SPACER	390*270*165	M2	E1460001010	Wave Washer	279*279*356	M5
E1130015565A0	BUSHING - Ø5.4 X Ø11 X 16.3	300*200*130	M2	E1560033184A0	motor	395*295*120	M5
E1590015564A0	SHIELD - STEM SCRAPER	320*240*90	M2	E1910015590C0	CRIMP RING	560*360*260	M6
E1460017206B0	WASHER	320*240*90	M2	E1690015611B0	GEAR - OUTPUT	480*280*240	M6
E1590017205B0	STEM SHIELD	350*300*105	M2	E1270052402A0	COVER SEAL	400*300*200	Inspeção dos Motor Housings
E1200041708A0	SEAT	280*140*120	M2	E1050067347A0	STUD BOLT M6X25 + MSX15	310*220*170	Inspeção Final
E1380017195B0	SPRING	400*300*217	M4	E1080058529C0	GASKET - SEALANT	400*300*230	Inspeção Final
E1130052545A0	BUSHING, INWARD	300*200*130	M2	E1290035851A0	INTERMEDIATE PIN	350*290*150	M5
E1130052544A0	BUSHING, OUTWARD	300*200*130	M2	E1290060724C0	OUTPUT PIN	450*290*130	M5
E1460052546A0	WASHER	300*200*120	M2	E1050042789B0	SCREW	290*200*120	M5
E1590052542A0	STEM SHIELD	240*160*100	M2	E1560052533B0	ELECTRIC MOTOR ASSEMBLY	395*295*120	M6
E1590052543A0	SHIELD	280*200*130	M2	E1270027761A0	O-RING, MOTOR	400*400*200	M6
E1130005065	Ball bearing -valve	600*400*200	M3	E1170027762A0	MOTOR CAP	350*310*150	M6
E1330050614B0	LINK OVERMOLD, NON-MAGNETIZED	180*140*140	M3	E1170058264A0	CUP PLUG	290*200*130	M8
				E1080056660C0	GASKET	296*155*110	M8
				E1050005878	BOLT TORX ISO14583 M6x20 (T30)	284*189*104	M8
				E1690051157C0	OUTPUT GEAR OVERMOLD	420*310*150	M9 preparação
				E1690042782B0	INTERMEDIATE GEAR	320*220*100	M9 preparação
				E1380061052B0	SPRING	300*390*385	M9 preparação
				E1080041111A0	GASKET - SEALANT	385*185*95	M8
				E1170041108A0	CAP	400*300*220	M8
				E1058868508B0	Screw M5 x 20 Tapptite	297*172*100	M8
				E2120059875A0	SENSOR	450*400*100	S1

Figura 44 – Referências de matéria-prima, as dimensões das suas caixas e a máquina onde a matéria-prima é consumida

Posteriormente, foram dimensionados os bordos de linha necessários à implementação da proposta. Na Figura 45 pode observar-se o desenho dos mesmos.

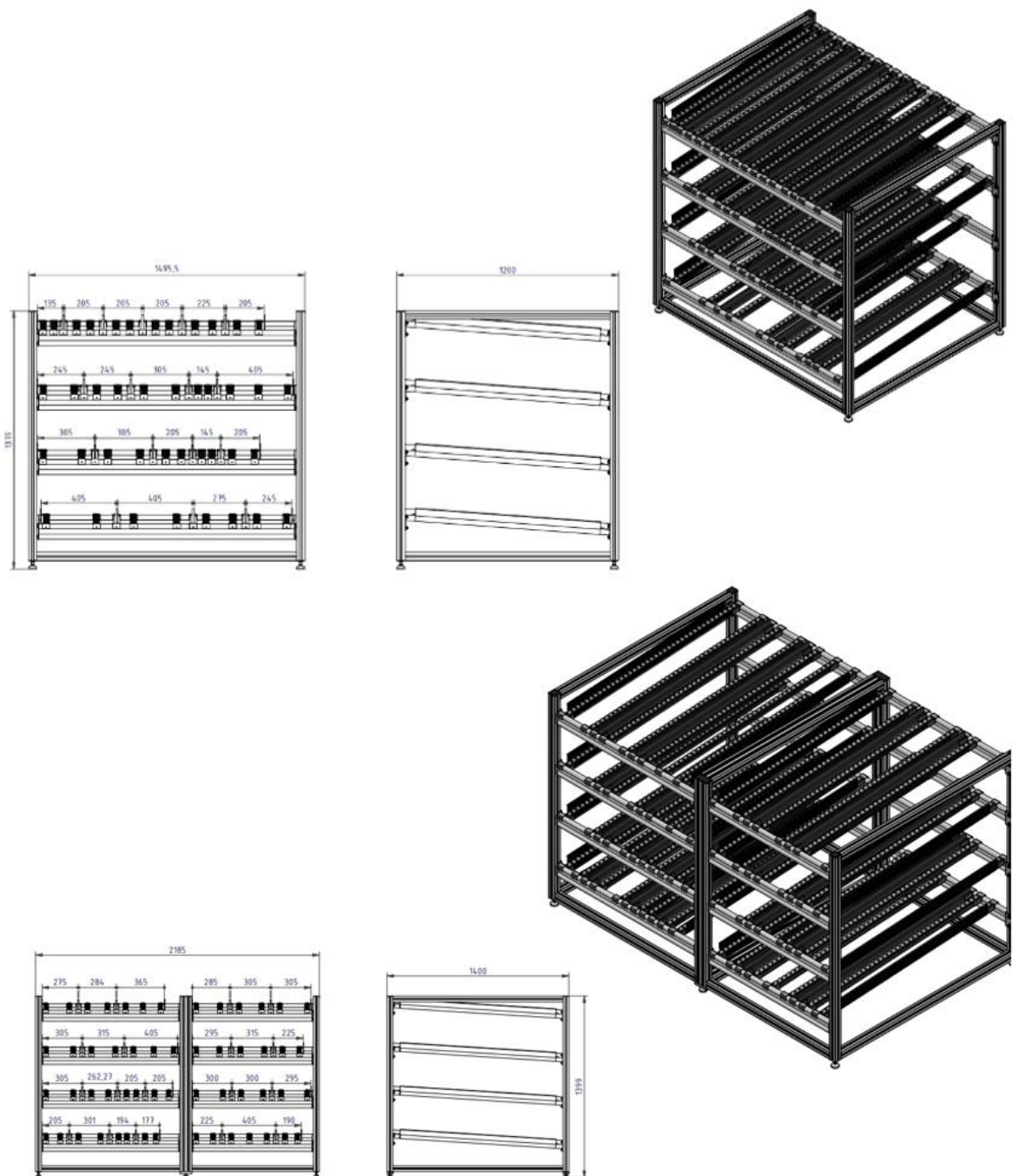


Figura 45 – Proposta de bordos de linha para a linha 7V13

5.5 *Crossdocking*

Apesar de não ter sido identificado anteriormente esta oportunidade de melhoria, foi pedido pela empresa o estudo da viabilidade da implementação de uma estratégia de abastecimento de *crossdocking*, de forma a reduzir os tempos de rota dos comboios logísticos. Esta estratégia de abastecimento consiste na preparação prévia dos carros dos comboios logísticos com as caixas de matéria-prima necessárias, por parte de um operador do Armazém, colocando-os na área de *crossdocking*. Os restantes comboios

logísticos, que abastecem as linhas de produção, apenas recolhem os respectivos carros na área de *crossdocking*. Esta estratégia de abastecimento permite reduzir desperdícios como movimentações e esperas, visto que apenas um operador faz o *picking* de matéria-prima.

Numa primeira fase, foram analisadas todas as *bill of material* dos produtos finais que as linhas de produção afetas às rotas analisadas produzem e, de seguida, foram recolhidas todas as dimensões das embalagens de matéria-prima necessárias para os produtos finais.

Através da cadência máxima, por hora, das diferentes linhas de produção e da *bill of material*, foi possível calcular o consumo horário de embalagens de matéria-prima para cada produto final e, conseqüentemente, o consumo de embalagens de matéria-prima a cada 30 minutos.

De seguida, com as dimensões das embalagens de matéria-prima recolhidas, o consumo por cada 30 minutos das mesmas e a *bill of material* do produto final, calculou-se o volume de embalagens de matéria-prima que cada produto final necessita em meia hora.

Posteriormente, calcula-se se o número de carros necessários, considerando que existe a possibilidade de todas as linhas de produção fabricarem, ao mesmo tempo, o produto final com o maior volume de embalagens de matéria-prima.

Adicionalmente, considera-se que todas as linhas de produção, necessitam de embalagens de todas as referências de matéria-prima afetas ao produto final que estão a fabricar. Deste modo, garante-se o número de carros preciso para o pior cenário possível, sendo que cada carro tem um volume útil de 1,07m³.

Na Tabela 6 verificam-se os maiores volumes de embalagens para as respetivas linhas e o número de carros necessários para o abastecimento.

Tabela 6 – Maiores volumes de embalagens de matéria-prima para cada linha e carros necessários para o abastecimento

Linha	Maior Volume de Embalagens (cm ³)	NºCarros	NºCarros
E01	288000,00	0,27	1
E02/E03	236908,86	0,22	1
E04	202800	0,19	1
E05	193300	0,18	1
E06	510624,944	0,48	1
E07	141639,45	0,13	1
V02	735509,52	0,69	1
V11	579864,5	0,54	1
V12	913082,5	0,85	1
V13	1060125,342	0,99	1
H03	311976	0,29	1
H05	905408	0,85	1
V04	551254,5	0,52	1
V05	635256,5	0,59	1
V06	703833,25	0,66	1
V08	896082,00	0,84	1
V09	779373,862	0,73	1
V10	915687,73	0,86	1
Total		9,882	10,00

Calculado o número de carros necessários, é fulcral definir o local onde colocá-los. Para tal calculou-se a área necessária para o efeito. Cada carro tem um comprimento de 0.95m e uma largura de 75m, totalizando numa área de 0.71m². Multiplicando este valor pelos 10 carros, obtém-se uma área de 7,1m² para alocação dos carros.

O local a ser escolhido necessita de ser o mais perto possível das linhas de produção. Dessa forma, o local escolhido, considerando o entrave do espaço de chão existente, deverá ser o mais próximo possível do portão do Armazém que, por sua vez, deve ser o mais próximo da área produtiva em questão.

6 RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo visa descrever e analisar os resultados obtidos após a implementação das sugestões de melhoria. Serão analisados os mesmos KPI's utilizados aquando da análise crítica da situação atual da empresa. No fim, reserva-se uma secção onde se resume os ganhos e as perdas resultantes das implementações.

Tempo médio da volta

Nesta seção analisa-se o tempo médio de uma volta em cada rota, em 24 dias trabalhados. Este contabiliza a duração que a rota tem desde que o comboio logístico deixa o armazém, até que, após abastecer as linhas de produção e fazer o *picking* no armazém, volta a passar no mesmo ponto.

Na Figura 46 observa-se a comparação do tempo médio de uma volta por rota, antes e depois da implementação das propostas de melhoria, sendo elas a implementação de gestão visual a área de embalagens vazias e a informatização do pedido de reposição de paletes no nível 0 e 1.

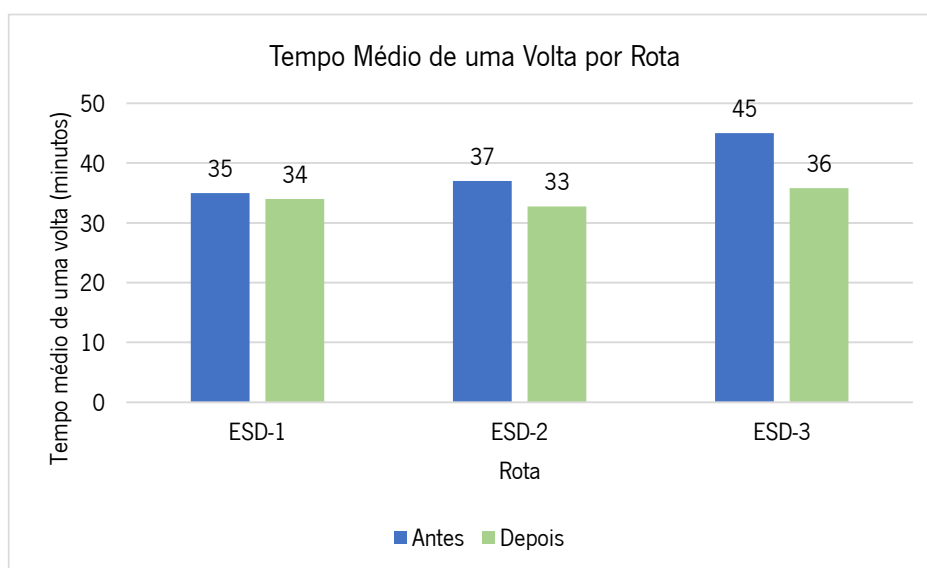


Figura 46 – Tempo médio de uma volta por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Como é visível, ocorreu a diminuição do tempo médio da volta em todas as rotas, sendo que na ESD-1, reduziu 2 minutos e na Rota ESD-2 ocorreu a redução de 4 minutos.

A Rota ESD-3 revela a maior diminuição de todas, com 9 minutos retirados ao valor anterior à implementação das propostas.

Todas as rotas reduziram o tempo médio por volta, contudo, continuam acima dos 30 minutos que devem cumprir.

De seguida, na Tabela 7 verifica-se o ganho do tempo médio de volta por rota em termos percentuais.

Tabela 7 – Redução percentual do tempo médio de uma volta por rota

ESD-1	ESD-2	ESD-3
-3%	-11%	-20%

Verifica-se então uma redução percentual no tempo médio por volta de 2% na rota ESD-1, uma redução de 11% na rota ESD-2 e de 19% na Rota ESD-3.

Tempo médio gasto por localização e em viagem

Tendo em conta as propostas de melhoria implementadas, e com o objetivo de mostrar os resultados obtidos nas diferentes localizações, a análise do tempo médio gasto por localização e em viagem apenas se mostra relevante nas localizações onde as propostas de melhoria ocorreram.

Dessa forma, serão analisadas as localizações ESTANTE 16 – INÍCIO, ESTANTES 16 – FIM e VAZIOS, para todas as rotas e para 24 dias trabalhados.

Na Figura 47 observam-se as diferenças entre a situação inicial e o após implementação das propostas de melhoria na Rota ESD-1, para as localizações acima mencionadas.

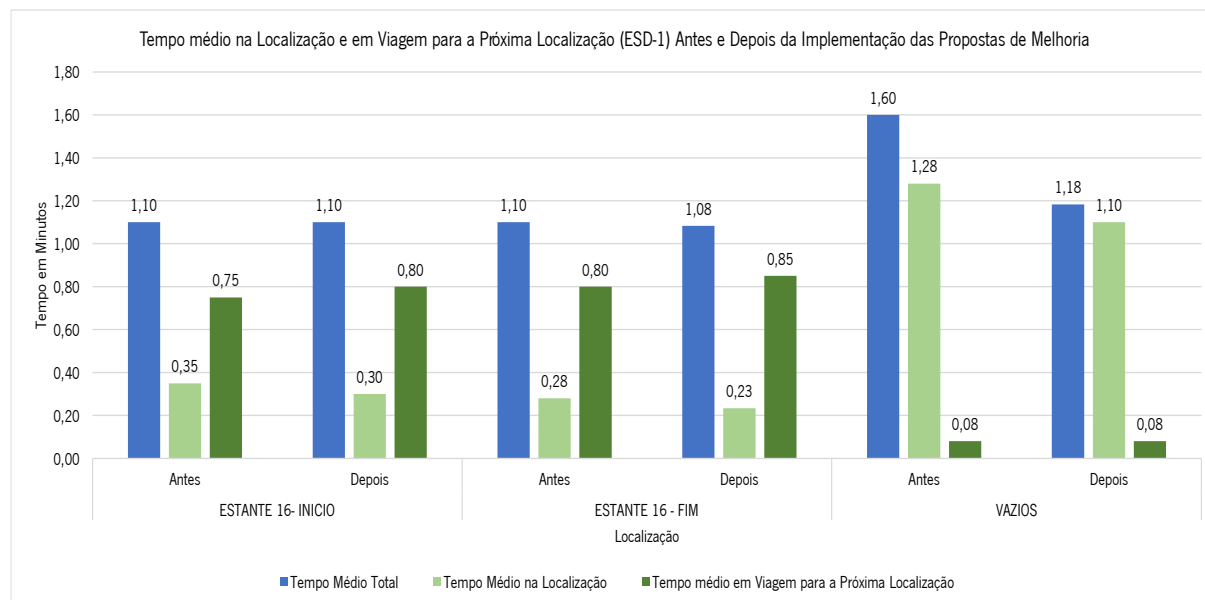


Figura 47 – Tempo médio na localização e em viagem para a próxima localização (ESD-1) antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Nesta rota, verifica-se uma diminuição do tempo médio na localização em todos os pontos, enquanto ocorre um aumento no tempo médio em viagem para a próxima localização da ESTANTE 16 – INÍCIO

para a ESTANTE 16 – FIM, bem como da última a localização VAZIOS. Em relação ao tempo médio em viagem para a localização seguinte a VAZIOS, não ocorre qualquer diminuição, nem aumento.

De seguida, na Figura 48 pode observar-se as diferenças entre a situação inicial e o após implementação das propostas de melhoria na Rota ESD-2.

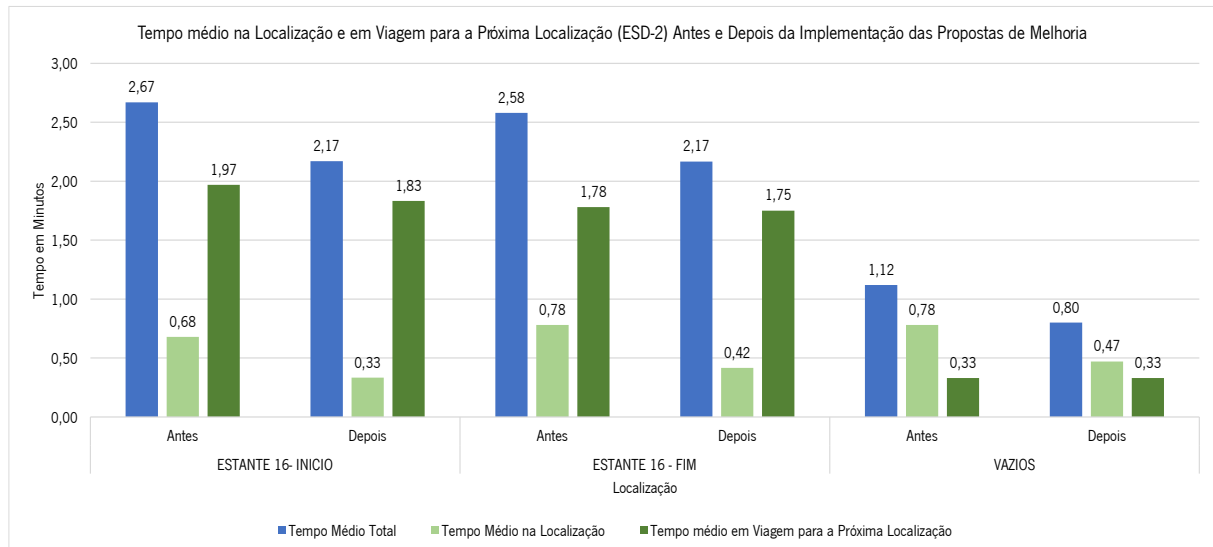


Figura 48 – Tempo médio na localização e em viagem para a próxima Localização (ESD-2) antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Nesta rota, verifica-se uma diminuição do tempo médio na localização e do tempo médio em viagem para a próxima localização em todos os pontos. A única exceção é no tempo médio em viagem para a localização seguinte a VAZIOS, onde não ocorrem alterações.

Na Figura 49 verificam-se as diferenças entre a situação inicial e o após implementação das propostas de melhoria na Rota ESD-3.

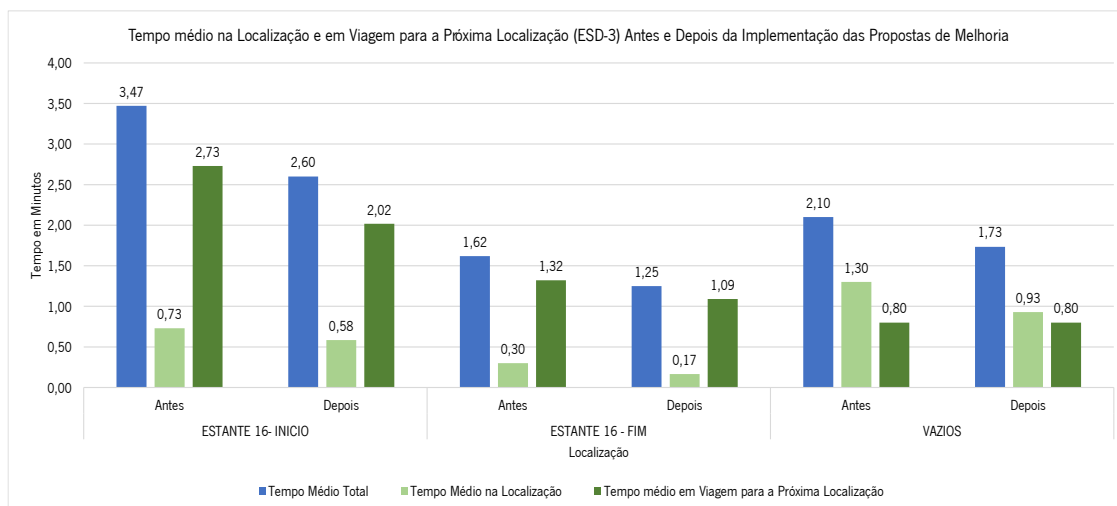


Figura 49 – Tempo médio na Localização e em viagem para a próxima localização (ESD-3) antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Na Rota ESD-3, verifica-se uma diminuição do tempo médio na localização e do tempo médio em viagem para a próxima localização em todos os pontos.

A única exceção é no tempo médio em viagem para a localização seguinte a VAZIOS, onde não ocorrem alterações.

Com o intuito de representar melhor os ganhos e as perdas percentuais do tempo médio total, do tempo médio gasto numa localização e o tempo médio em viagem para a localização seguinte, pode observar-se a Tabela 8 com esses mesmos valores, para as três rotas.

Tabela 8 – Variações percentuais do tempo médio total, do tempo médio na localização e do tempo médio em viagem para a próxima localização após a implementação das propostas de melhoria

Rota	Localização	Tempo Médio Total	Tempo Médio na Localização	Tempo médio em Viagem para a Próxima Localização
ESD-1	ESTANTE 16- INICIO	0%	-14%	7%
	ESTANTE 16 - FIM	-2%	-17%	6%
	VAZIOS	-26%	-14%	0%
ESD-2	ESTANTE 16- INICIO	-19%	-51%	-7%
	ESTANTE 16 - FIM	-16%	-47%	-2%
	VAZIOS	-29%	-40%	0%
ESD-3	ESTANTE 16- INICIO	-25%	-20%	-26%
	ESTANTE 16 - FIM	-23%	-44%	-17%
	VAZIOS	-17%	-28%	0%

Análise de atrasos nas rotas

Nesta secção, analisa-se a percentagem de atrasos existentes em cada rota e em todos os turnos, em 24 dias trabalhados. Para tal, contabiliza-se o número de voltas com atraso por rota e divide-se pelo número total de voltas percorridas por rota. Considera-se atraso, sempre que o comboio logístico não completa a sua volta dentro do tempo estipulado (30 minutos). Primeiramente, verifica-se, na Figura 50, a distribuição do número total de voltas percorridas por rota.

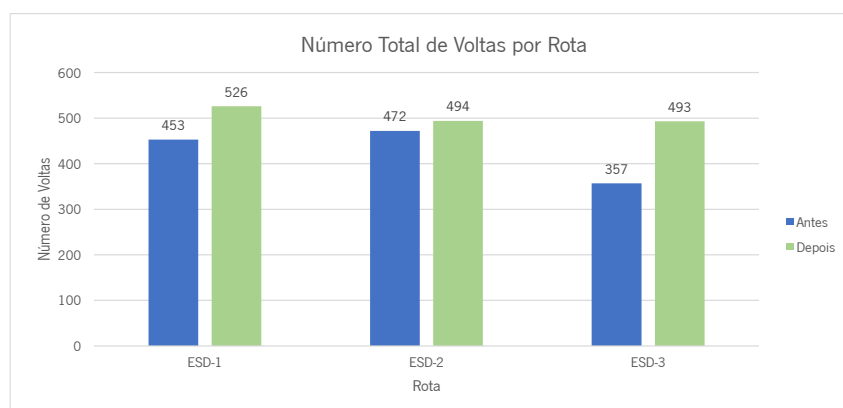


Figura 50 – Número total de voltas por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Constata-se que, para o mesmo número de dias trabalhados, o comboio logístico da Rota ESD-1 realizou mais 73 voltas, enquanto os comboios da Rota ESD-2 e ESD-3 efetuaram mais 22 e 136 voltas, respetivamente. Ou seja, todas as rotas realizaram mais voltas após a implementação das propostas de melhoria. Seguidamente, revela-se na Tabela 9 a variação do número de voltas por rota em termos percentuais.

Tabela 9 – Variação percentual do número de voltas por rota

ESD-1	ESD-2	ESD-3
16%	5%	38%

Observa-se, neste caso, um aumento percentual do número de voltas por rota após a implementação das propostas de melhoria, sendo este aumento de 16% na rota ESD-1, 5% na rota ESD-2 e de 38% na Rota ESD-3.

Na Figura 51 mostra-se a variação da percentagem das voltas percorridas após a implementação das propostas de melhoria, discriminando não só se são voltas com e sem atraso, bem como por rota e por turno.

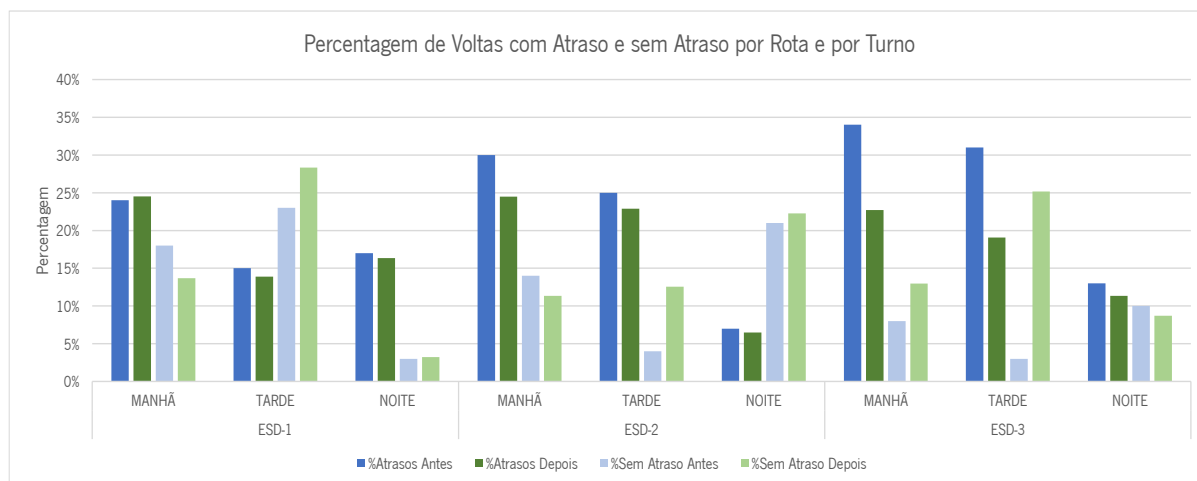


Figura 51 – Percentagem de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno antes e depois da implementação das propostas

Neste último gráfico contempla-se que existiu uma diminuição percentual das voltas com atraso em todas as rotas e em todos os turnos, excetuando a Rota ESD-1, no turno da manhã, que revela um aumento percentual de 1%.

Relativamente a voltas sem atraso, verifica-se uma diminuição percentual na Rota ESD-1 e na Rota ESD-2, ambas no turno da manhã, enquanto na Rota ESD-3 ocorre uma diminuição no turno da noite.

Em todos os outros cenários possíveis demonstra-se um aumento percentual do número de voltas sem atraso.

De forma a perceber melhor a Figura 51, demonstra-se os valores percentuais das voltas com e sem atraso, por rota e por turno na Tabela 10.

Tabela 10 – Percentagem de voltas com atraso e sem atraso por rota e por turno antes e depois da implementação das propostas de melhoria

	ESD-1			ESD-2			ESD-3		
	MANHÃ	TARDE	NOITE	MANHÃ	TARDE	NOITE	MANHÃ	TARDE	NOITE
%Atrasos Antes	24%	15%	17%	30%	25%	7%	34%	31%	13%
%Atrasos Depois	25%	14%	16%	24%	23%	6%	23%	19%	11%
%Sem Atraso Antes	18%	23%	3%	14%	4%	21%	8%	3%	10%
%Sem Atraso Depois	14%	28%	3%	11%	13%	22%	13%	25%	9%

De seguida, serão analisadas as variações da duração média destes atrasos, do número médio dos mesmos e se estes geram mais ou menos paragem de linhas de produção relativamente ao reportado na situação atual.

Duração média de atrasos e número médio de atrasos

No que concerne a percentagem de atrasos existentes nas diferentes rotas, é relevante avaliar quanto tempo é que os comboios logísticos se atrasam nas diferentes rotas, bem como a média de atrasos por dia, para uma amostra de 24 dias trabalhados.

Na Figura 52 constata-se que a Rota ESD-1 é a única em que se verifica um atraso médio igual ao valor obtido antes da implementação das propostas de melhoria, de 14 minutos. Todas as outras rotas tiveram uma melhoria significativa, sendo que a Rota ESD-2 obteve uma redução de 20%, obtendo assim uma duração média de 14 minutos, enquanto a Rota ESD-3 totaliza uma média de duração de atrasos de 19 minutos, o que representa uma diminuição de 14%.

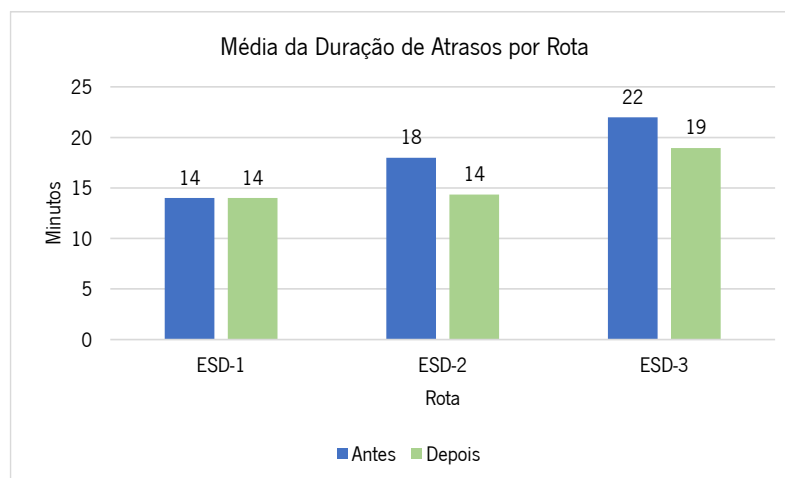


Figura 52 – Média da duração de atrasos por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Analisa-se agora a média de atrasos por dia e por rota. Entende-se por dia os três turnos de 8 horas, colmatando assim em 24 horas de trabalho.

Através da Figura 53 verifica-se que a Rota ESD-1 apresenta um aumento no número médio de atrasos por dia, com 12 atrasos. Em termos percentuais, este valor representa um acréscimo de 13%. As rotas ESD-2 e ESD-3 totalizam 11,1 e 10,5 atrasos por dia, respetivamente. Assim, verifica-se uma diminuição de 4% e 6% em relação a estas duas rotas.

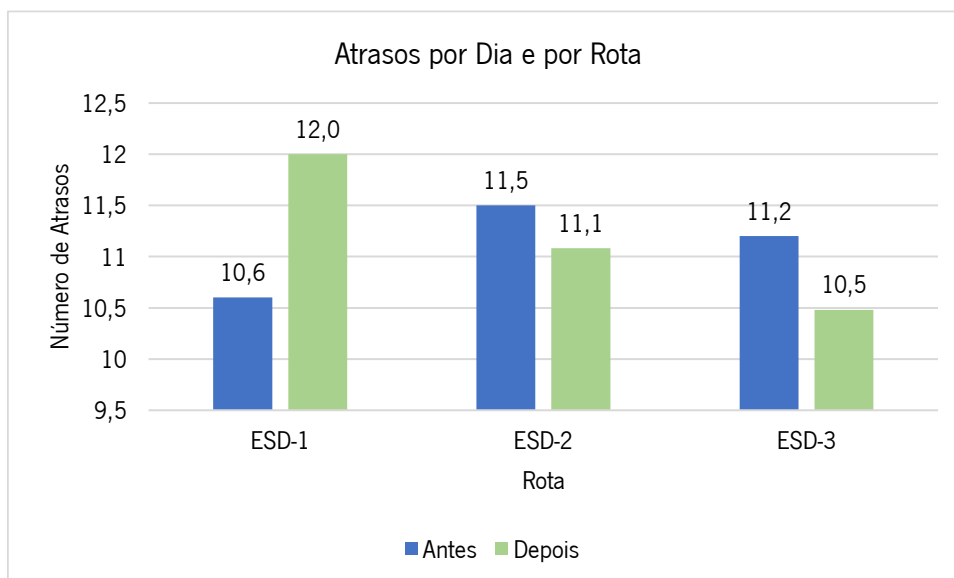


Figura 53 – Média de atrasos por dia e por rota após a implementação das propostas de melhoria

Número e média de quebras por falta de abastecimento

Finalmente, é importante mostrar a duração total das quebras de produção por falta de abastecimento e a média com que elas ocorrem durante um dia de trabalho (24 horas). A recolha destes dados mostra-se difícil, dado que nem todas as linhas produzem nos mesmos dias, ou nos mesmo turnos. Além disso, o registo dessas paragens é feito por pessoas diferentes e com metodologias diferentes, consequentemente afetando a recolha dos mesmos. Estas duas análises contemplam uma amostra de 69 dias trabalhados.

Na Tabela 11 observa-se a duração total das quebras de produção por rota antes e depois da implementação das propostas de melhoria.

Tabela 11 – Variação percentual da duração total das quebras de produção por falta de abastecimento antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Rota	Duração da Quebra (Minutos)		
	Antes	Depois	Variação %
ESD-1	845	821	-3%
ESD-2	991	769	-22%
ESD-3	672	395	-41%

A Rota ESD-1 totaliza uma duração das quebras de produção de 821 minutos, tendo diminuído este valor em 3%. As Rota ESD-2 com 769 minutos e a Rota ESD-3 com 395 minutos representam as maiores reduções percentuais com 22% e 41%, respetivamente.

Por fim, expõe-se na Tabela 12, a variação percentual da média de quebras de produção que ocorrem durante um dia de trabalho, antes e depois da implementação das propostas de melhoria. O cálculo da média é desenvolvido através da divisão do número de quebras pelo número total de dias trabalhados contabilizados.

Tabela 12 – Variação percentual da média de quebras de produção, por dia, antes e depois da implementação das propostas de melhoria

Rota	Média de Quebras de Produção por Dia		
	Antes	Depois	Varição %
ESD-1	1	0,98	-2%
ESD-2	0,34	0,27	-19%
ESD-3	0,39	0,24	-38%

Constata-se que a Rota ESD-1 tem uma média de 0,98 quebras diárias, representado uma diminuição percentual de 2%, enquanto a Rota ESD-2 e ESD-3, apresentam médias bastante inferiores, sendo elas de 0,27 e 0,24 quebras de produção por dia. Estes valores revelam uma redução de 19% e de 38% nas Rotas ESD-2 e ESD-3, respetivamente.

Na Tabela 13 observa-se uma síntese das propostas de melhoria desenvolvidas do seu estado de implementação e ainda os resultados qualitativos que foram atingidos e os que ainda se podem atingir.

Tabela 13 – Síntese das propostas de melhoria, estado de implementação e resultados obtidos

Área	Rota	Pontos Críticos	Proposta de Melhoria	Estado da Proposta	Resultados
Armazém	Todas	Embalagens Vazias	Implementação de gestão visual através de novas identificações e bolsas para colocar as etiquetas correspondentes	Implementado	Redução do tempo médio gasto por volta; Aumento do número de voltas realizadas; Redução das interrupções na produção devido à falta de abastecimento;
		Estante 16	Informatização do pedido de reposição de paletes do nível 0 e 1	Implementado	Diminuição da duração das quebras de produção.
ESD-1	ESD-3	Linha 7V13	Dimensionamento de bordos de linha para todas as referências de matéria-prima	A decorrer	Alocação de todas as referências de matéria-prima; Melhor gestão visual; Maior facilidade no abastecimento; Redução nos tempos de operação e da volta.
	ESD-2	Linha 7V05	Rampa de abastecimento para uma referência de matéria-prima	Em análise	Disponibilização de mais um local para uma referência de matéria-prima.
Armazém/ESD-1	Todas	Estante 16 Embalagens Vazias Linhas de Produção	Implementação de uma estratégia de abastecimento de <i>crossdocking</i>	Em análise	Redução do tempo médio gasto por volta; Aumento do número de voltas realizadas; Redução das interrupções na produção devido à falta de abastecimento; Redução de movimentos e esperas; Diminuição da duração das quebras de produção.

7 CONCLUSÕES

No desenvolvimento da presente dissertação, a realização da revisão da literatura revelou-se como um ponto-chave para o sucesso da mesma. Esta proporcionou as ferramentas e conhecimentos necessários para atacar a problemática em estudo. Adicionalmente, a recolha de informação no terreno permitiu aprimorar aptidões que, de outra forma, não se desenvolveriam.

Um dos objetivos base do projeto passou pela melhoria do sistema logístico de abastecimento das linhas presentes na área ESD-1.

Após um longo acompanhamento dos operadores do comboio logístico, de assimilação das diferentes sugestões dos mesmos, da recolha de documentos das linhas de produção, da elaboração dos diagramas de esparguete e da recolha de dados relativos a tempos do sistema logístico de abastecimento, foi possível descortinar os pontos críticos onde existiam oportunidades de melhoria.

A implementação da gestão visual na área de embalagens vazias e a melhoria no processo de reposição de paletes do nível 0 e 1 mostraram-se relevantes na redução do tempo médio gasto por volta (2%, 11% e 19%), resultando no aumento do número de voltas realizadas durante o mesmo período, entre 5% e 38%. Isto teve um impacto notável na mitigação das interrupções na produção devido à falta de abastecimento, traduzindo-se numa diminuição de 2%, 19% e 28%. Além disso, as durações das interrupções foram reduzidas em 3%, 22% e 41%.

Além dos ganhos para a empresa, considera-se também significativo mencionar os ganhos a nível pessoal. O desenvolvimento do presente projeto foi encadeador de um enorme crescimento profissional. Permitiu ganhar uma visão do mundo empresarial, para além de impulsionar a aquisição de incontáveis novos conhecimentos, tanto direta como indiretamente. Considera-se, portanto, que todos os objetivos enumerados inicialmente foram atingidos.

Obviamente, existiram também algumas limitações, nomeadamente o facto de o projeto ter sido realizado durante várias alterações de *layout*, tanto no Armazém, como nas diferentes linhas de produção, mais o facto de cada linha de produção ter inúmeros produtos terminados afetos às mesmas e cada um deles possuir vastas referências de matéria-prima, tendo em conta que essas referências de matéria-prima estarem acondicionadas em embalagens de muitas dimensões diferentes, acrescendo ainda o fator do espaço disponível para a implementação de algumas propostas de melhoria.

Em relação a trabalho futuro, reforça-se a importância na implementação de bordos de linha nas linhas 7V05 e 7V13, de forma a reduzir erros por parte dos colaboradores, movimentações e esperas

desnecessárias, melhorando o processo de abastecimento das mesmas, e caminhar para uma diminuição das quebras das linhas de produção por falta de abastecimento.

Quanto ao *crossdocking*, sugere-se o desenvolvimento de um modelo de simulação capaz de se adaptar às inúmeras trocas de referência de produto terminado nas linhas de produção e que seja capaz de fornecer soluções robustas de rotas de comboio logístico para as diferentes situações existentes. Com a implementação desta proposta de melhoria, os comboios logísticos percorrerão menos distância dentro do Armazém, reduzindo ainda movimentações e quebras de produção. Nesta proposta fica ainda a sugestão da aquisição de mais carros logísticos para que a mesma possa ser implementada com sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

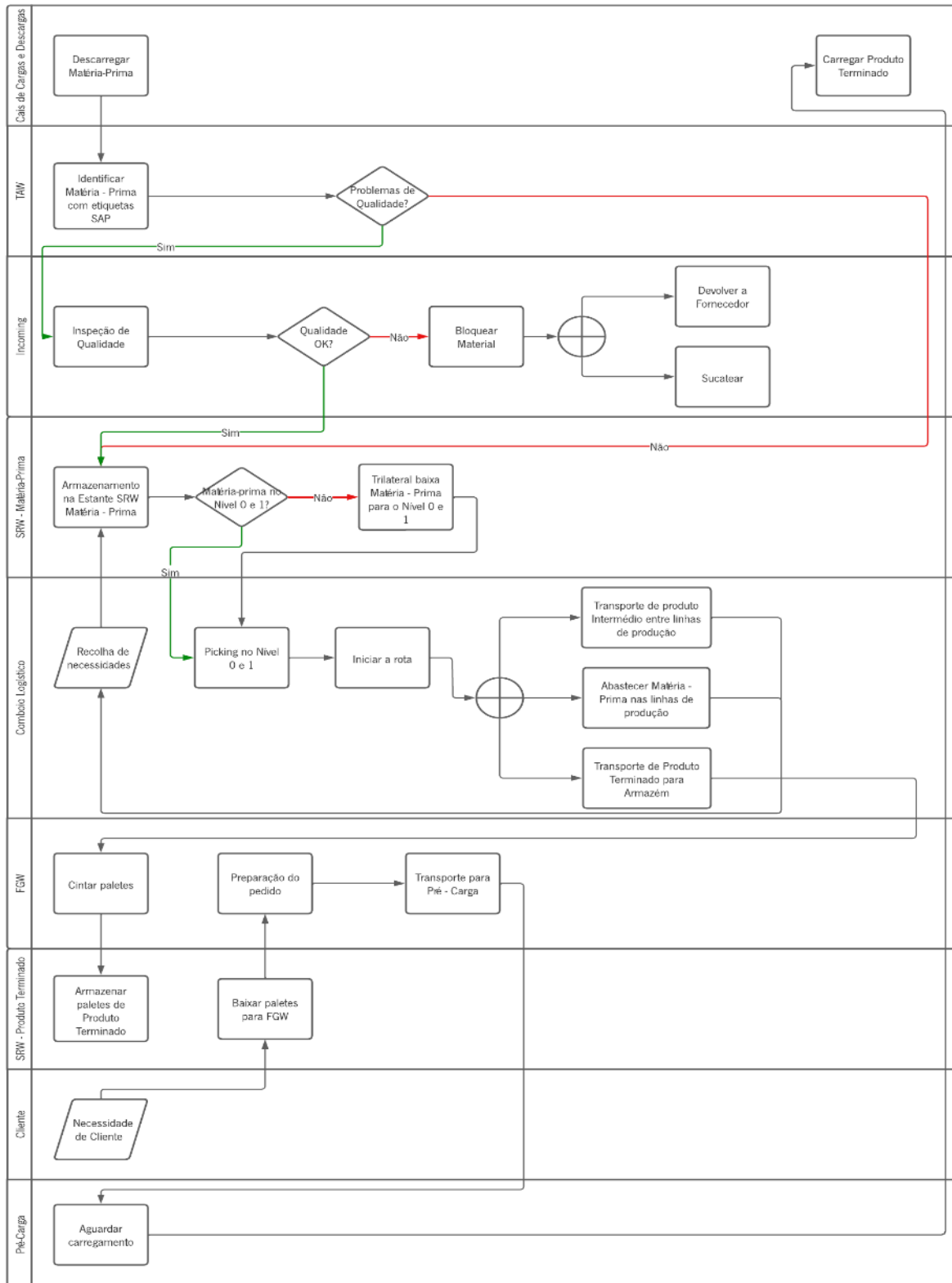
- Barbosa, C. (2019). *Melhoria das rotas de abastecimento de materiais às linhas de produção numa empresa da indústria automóvel*. Universidade do Minho.
- Baudin, M. (2005). *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*. Taylor & Francis. <https://books.google.pt/books?id=nLyuEYC8rWIC>
- Benbasat, I., Goldstein, D. K., & Mead, M. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS Quarterly*, 11(3), 369–386. <https://doi.org/10.2307/248684>
- Brar, G. S., & Saini, G. (2011). *Milk Run Logistics: Literature Review and Directions*.
- Carvalho, J., Menezes, J., Ferreira, L., Carvalho, M., Oliveira, R., Azevedo, S., Ramos, T., Guedes, A., Arantes, A., Martins, A., Póvoa, A., Luís, C., Dias, E., & Dias, J. (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (E. Silabo, Ed.; 2ª Edição).
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson. <https://books.google.pt/books?id=m1XFoQEACAAJ>
- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw Hill LLC. <https://books.google.pt/books?id=6Z93iZPYwAsC>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action Research for Operations Management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22, 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-bonnefous, C. (2007). *Gestao Da Producao: PARA UMA GESTAO INDUSTRIAL AGIL, CRIATIVA E COOPER*. LIDEL. <https://books.google.pt/books?id=o1rBPwAACAAJ>
- CSCMP. (2010). *Supply Chain Management Terms and Glossary*.
- Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. DW Pub. <https://books.google.pt/books?id=lkRQAAAACAAJ>
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership & Organization Development Journal*, 29, 24–46.
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them* (Issue pts. 2-4). Taylor & Francis. <https://books.google.pt/books?id=2V79nQEACAAJ>
- Golchev, R., Jovanoski, B., Gechevska, V., & Minovski, R. (2015). Kanban simulation model for production process optimization. *Journal of Engineering Management and Competitiveness*, 5, 55–60. <https://doi.org/10.5937/jemc1502055G>

- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. AMACOM. <https://books.google.pt/books?id=fR1WvjSIE9gC>
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. Mcgraw-hill. <https://books.google.pt/books?id=qaqKh6Tp4SsC>
- Jordan, J. A., & Michel, F. J. (2001). *The Lean Company: Making the Right Choices*. Society of Manufacturing Engineers. <https://books.google.pt/books?id=WPNZMnf81NEC>
- Liker, J., & Womack, J. P. (1997). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. <https://doi.org/10.4324/9781482293661>
- Mentzer, J., Flint, D., & Hult, G. T. M. (2001). Logistics Service Quality as a Segment-Customized Process. *Journal of Marketing - J MARKETING*, 65, 82–104. <https://doi.org/10.1509/jmkg.65.4.82.18390>
- Mentzer, J., Min, S., & Bobbitt, L. (2004). Toward a Unified Theory of Logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, 606–627. <https://doi.org/10.1108/09600030410557758>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time*. Engineering & Management Press. <https://books.google.pt/books?id=aVPBQgAACAAJ>
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 4th Edition*. Taylor & Francis. <https://books.google.pt/books?id=DhZ4cWC16MIC>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis. https://books.google.pt/books?id=7_-67SshOy8C
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through 'Lean Tools': An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, 159.
- Puche, J., Costas, J., Ponte, B., Pino, R., & de la Fuente, D. (2019). The effect of supply chain noise on the financial performance of Kanban and Drum-Buffer-Rope: An agent-based perspective. *Expert Systems with Applications*, 120, 87–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.009>
- Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>

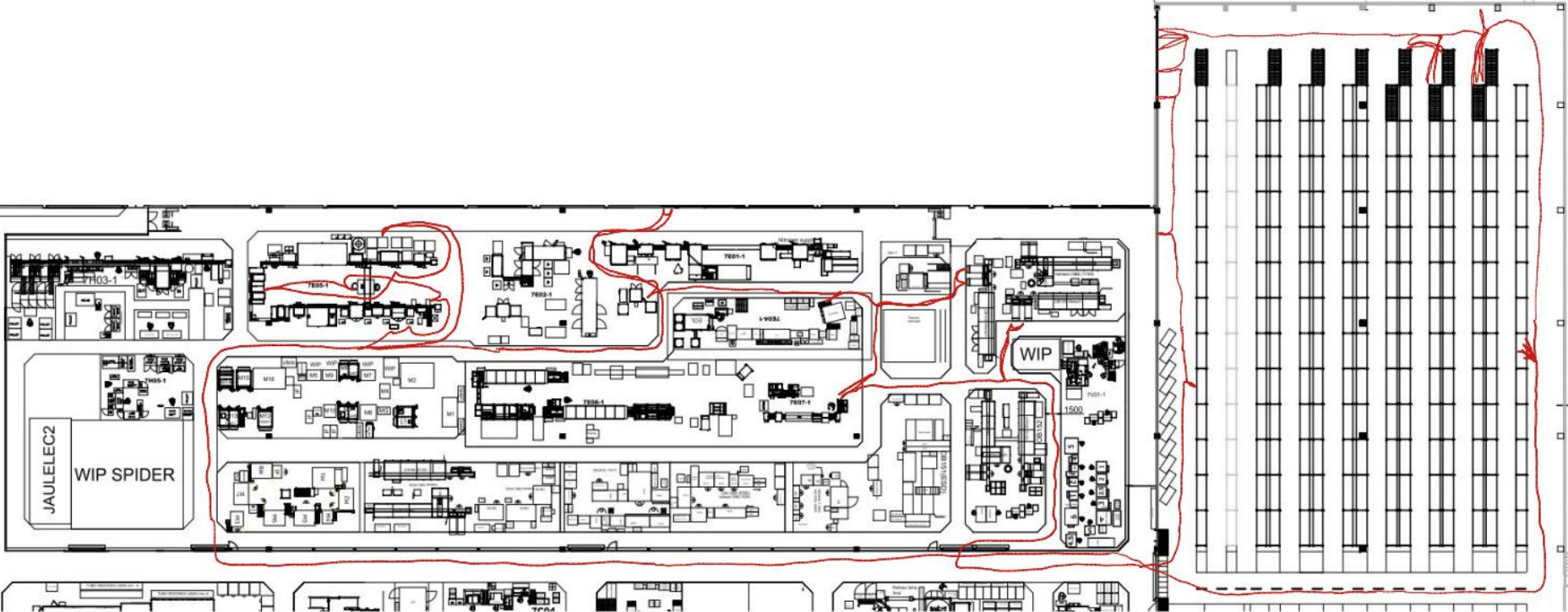
- Rabbani, M., Layegh, J., & Mohammad Ebrahim, R. (2009). Determination of number of kanbans in a supply chain system via Memetic algorithm. *Advances in Engineering Software*, 40(6), 431–437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2008.07.001>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Reis, L., Varela, L., Machado, J., & Trojanowska, J. (2016). *Application of lean approaches and techniques in an automotive company. 2016*, 112–118.
- Schonberger, R. J. (2008). *World Class Manufacturing*. Free Press. <https://books.google.pt/books?id=vZVUoYqs3KoC>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research*. Sage Publications, Inc. on behalf of the Johnson Graduate School of Management, Cornell University.
- Taboada, C. (2009). *Gestão de Tecnologia e Inovação na Logística*.
- Takeda, H. (2006). *The Synchronized Production System: Going Beyond Just-in-time Through Kaizen*. Kogan Page. <https://books.google.pt/books?id=bbILfjqKUMMC>
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office: Eight Steps to Planning, Mapping, & Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas*.
- Urru, A., Bonini, M., & Echelmeyer, W. (2018). Fleet-sizing of multi-load autonomous robots for material supply. *2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)*, 244–249.
- Weisner, K., & Deuse, J. (2014). Assessment Methodology to Design an Ergonomic and Sustainable Order Picking System Using Motion Capturing Systems. *Procedia CIRP*, 17, 422–427. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.046>
- Womack, J. P., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking, 1st Ed*. Taylor & Francis. <https://books.google.pt/books?id=DJwoAQAAMAAJ>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that Changed the World*. Scribner. https://books.google.pt/books?id=_n5qRfaNv9AC

APÊNDICES

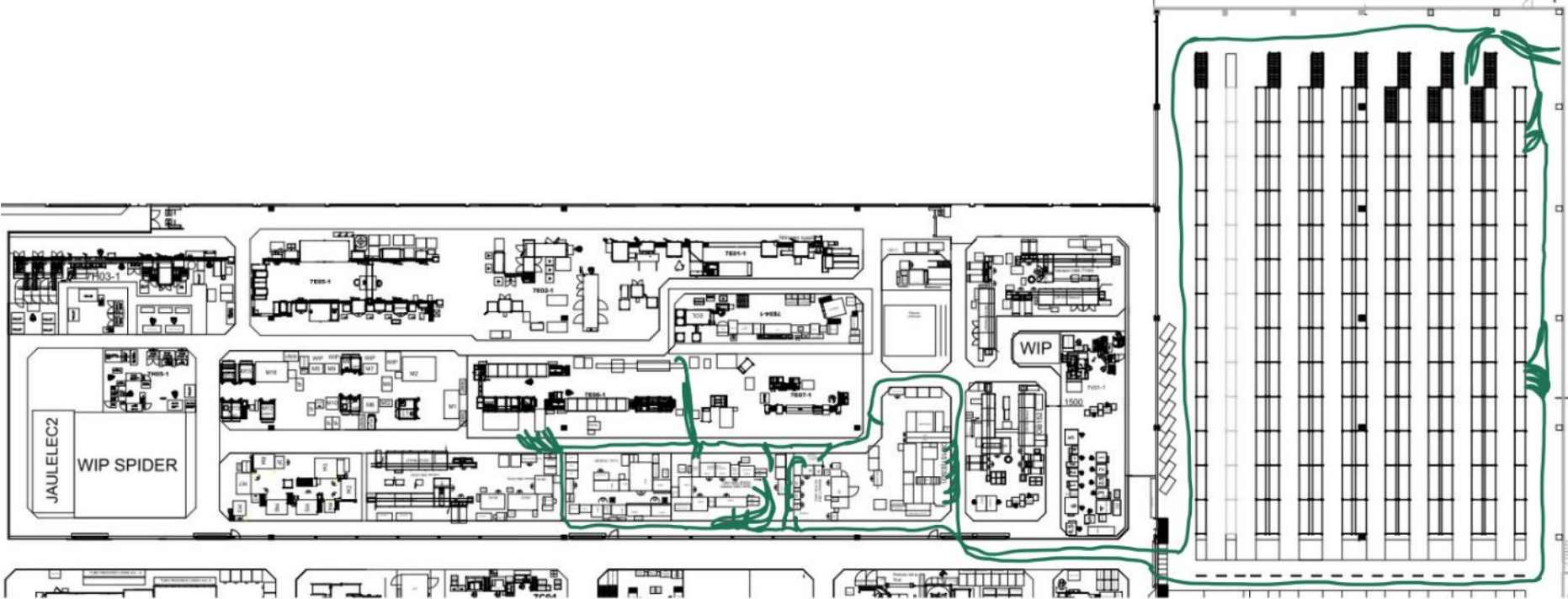
Apêndice 1 – Fluxograma de Material e Informação



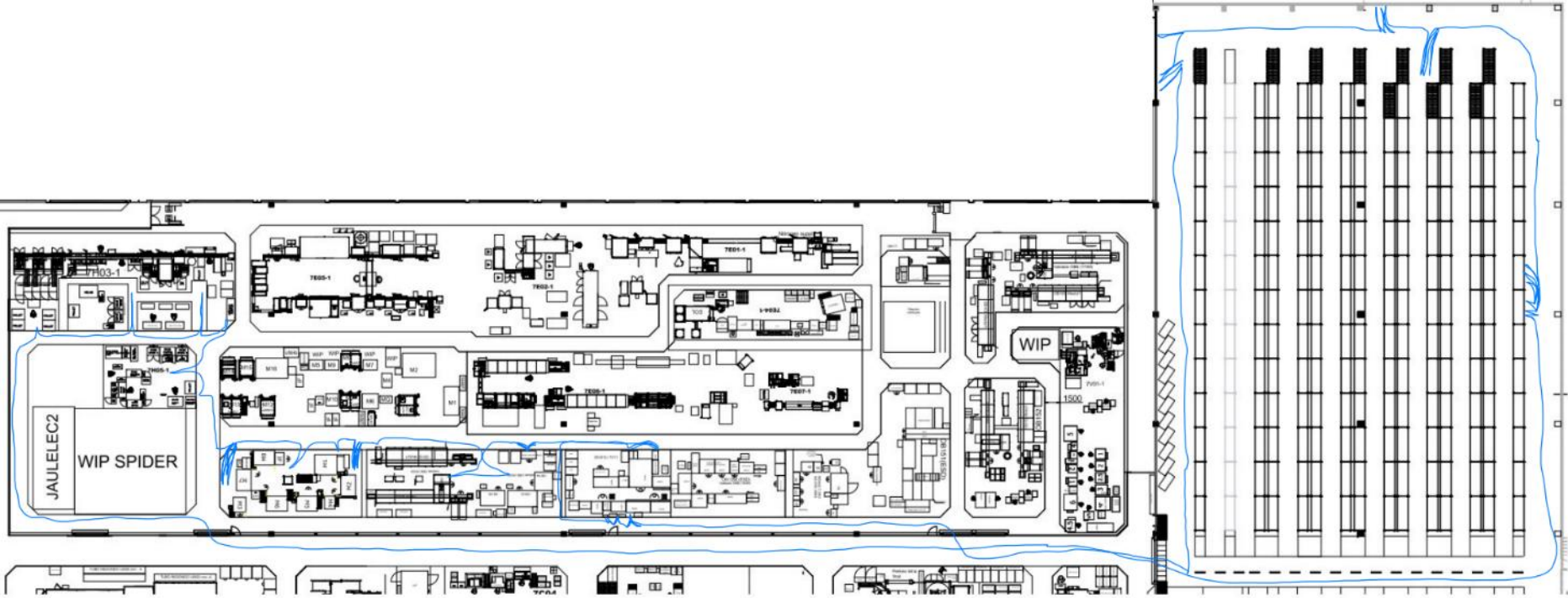
Apêndice 2 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-1



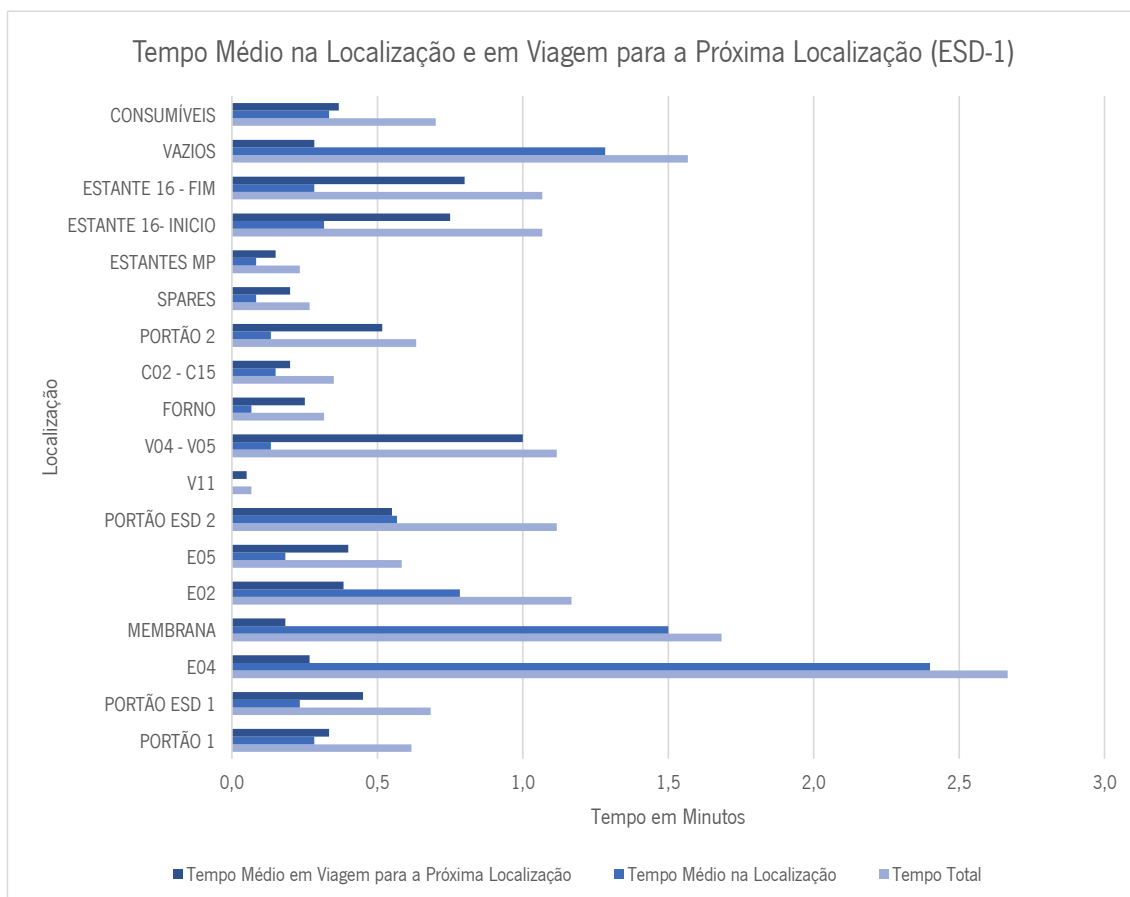
Apêndice 3 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-2



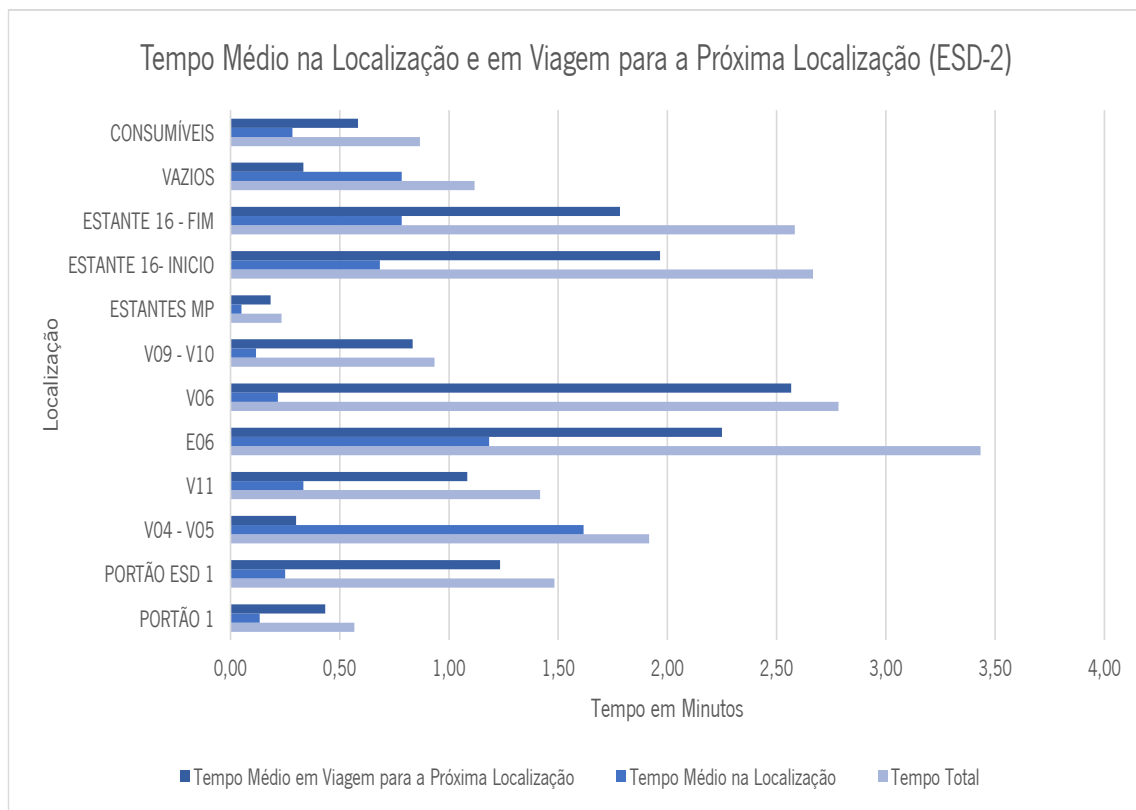
Apêndice 4 – Diagrama de Esparguete da Rota ESD-3



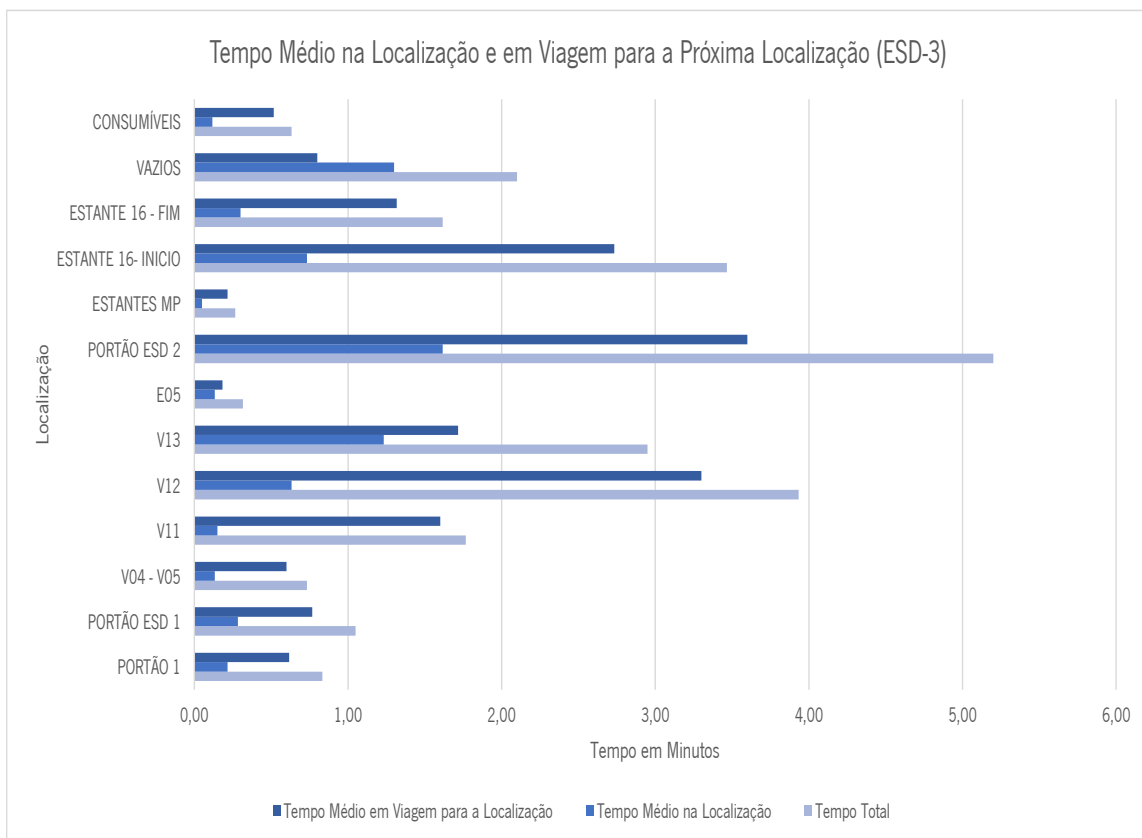
Apêndice 5 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-1)



Apêndice 6 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-2)



Apêndice 7 – Tempo Médio na Localização e em Viagem para a Próxima Localização (ESD-3)



Apêndice 8 – Tempos de Operação do Colaborador do Comboio Logístico

Operações nas Linhas de Produção						Operações no Armazém				
Carregar <i>tray</i> no comboio	Carregar caixa no bordo de linha	Abrir caixa e abastecer	Desatrejar <i>roller</i> e abastecer	Recolher embalagem vazia	Levantamento de necessidades em linha	Carregar caixa no comboio	Colocar etiqueta	Colocar caixa no <i>roller</i>	Colocar vazio na estante	
4,72	21,82	157	36,81	5	59,05	9,24	45,77	42	11,92	
4,6	13,2	85	14,87	7,26	41,74	4,55	17,78	43,09	8,45	
2,91	17,75	66	17,35	9	34,19	10,54	31,7	45,07	16,73	
3,97	29,33	28,46	25,05	49,38	137	9,35	6,62	48,09	11,39	
4	13,66	53,9	20,54	12,08		12,54	21,62	31,68	13,87	
25,97	25,24	22,65	63	16,41		8,17	10,05	33,3	8,12	
15,12	8,77	23,4	19,54	13,17		12,32		49,62	8,31	
12,31	13	23,96	27,58	9,34		8,3		35,07	10,06	
17,43	11,66		16,67	22,39		8,47			11,63	
29,07	8,07			10,38		8,47			9,45	
13,8	15,75			11,49		8,89			11,72	
31,16	6,08			10,6		10,1				
17,86	6,75			11,01		10,23				
15,75	6,98			4,62		10,13				
11	6,27			5,88		6				
	21,5			8,46		6,95				
	26,07			9,62		6,9				
	48,04			13,56		6,63				
	47,75			5,82		10,85				
	16,08			10,75		14,35				
	4,51			8,87						
	6,36			11,04						
				4,63						
				4,47						
				9,49						
				5,22						
				8,14						
				8,88						
				10						
				8,2						
				3,85						
				5,85						
				24,36						
				37,47						
Média (Segundos)	13,98	17,03	57,55	26,82	11,67	68,00	9,15	22,26	40,99	11,06

Anexo 2 – Rota ESD-2



Anexo 3 – Rota ESD-3

