

**Proposta de Implementação de um Sistema
de Gestão de Resíduos para Promover a
Otimização do Sistema de *Picking* de uma
Linha de Produção de Automóveis**

Maria Isabel Pereira da Silva Melo Rodrigues

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Prof. Doutora Tânia Daniela Felgueiras Miranda Lima
Coorientador: Sr. Telmo David Oliveira Amaro

maio de 2023

Declaração de Integridade

Eu, Maria Isabel Pereira da Silva Melo Rodrigues, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11588 do 2º ciclo em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã _16_ / _05_ / _2023_

MARIA Isabel P.S. Melo Rodrigues

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Professora Doutora Tânia Lima pelos seus conselhos, pela sua ajuda e por todo o acompanhamento que me demonstrou.

Agradeço ao Sr. Telmo Amaro pela sua orientação e a todos na empresa Stellantis, Mangualde que se disponibilizaram para me ajudar no desenvolvimento deste projeto.

Devo um especial agradecimento aos meus pais e ao meu irmão por me terem sempre apoiado, pelos seus bons conselhos e por me guiarem sempre para o rumo certo.

Ao concluir o meu percurso académico, agradeço ao meu namorado e aos meus amigos, que ajudaram a tornar esta etapa da minha vida tão especial. Sigo assim em frente com determinação, levando sempre comigo as boas e nostálgicas memórias feitas na cidade neve.

Resumo

Um sistema de *picking* consiste na recolha de peças/produtos e o seu transporte a fim de satisfazer ordens de produção ou de encomendas. Estes sistemas devem ter aptidão para responder aos diversos desafios impostos pela constante evolução dos sistemas de produção, que procuram de forma constante obter um maior grau de flexibilidade para os seus processos a fim de produzir de forma contínua uma maior variedade de produtos. A contínua procura pela melhoria dos sistemas de *picking*, identifica-se como um importante processo para alcançar sucesso numa empresa.

Este trabalho teve como objetivo o estudo de três sistemas de gestão de resíduos a fim de analisar qual o sistema ideal a implementar no sistema de *picking* da empresa Stellantis, Mangualde, de forma a acrescentar valor às operações realizadas e aumentar a eficiência dos seus processos. A fim de atingir o objetivo estipulado, foi definida uma metodologia que consistiu na realização de uma pesquisa descritiva para a execução de uma revisão bibliográfica, seguida de uma caracterização da empresa em questão, realização de um levantamento de problemas observados e na redação de um documento com as propostas de melhoria. Após a redação, foi realizado um estudo sobre as mesmas a fim de determinar qual das propostas é a mais indicada para o sistema de *picking* em questão.

Consoante a análise realizada sobre os sistemas em causa, foi determinado que a implementação da conjugação dos sistemas de separação de resíduos amovível e o de aspiração centralizado é que poderá ser mais vantajoso para o sistema de *picking*. A conjugação dos dois sistemas contribui para a otimização das atividades realizadas no sistema de *picking* ao erradicar tempos de deslocação para a correta separação de resíduos durante as atividades de *picking*. É, também, possível otimizar o tempo de recolha de resíduos, reduzindo cerca de 53,27% do mesmo, e diminuir o número de contentores de resíduos necessários, otimizando assim o *layout* do sistema de *picking*.

Palavras-chave

Otimização; sistema *picking*; produção; logística; indústria automóvel

Abstract

A picking system consists in the retrieval of pieces/ products and its transport to satisfy production or delivery orders. These systems must be qualified to face the many challenges that are imposed by the constant evolution of the production systems, that constantly seek a higher level of flexibility for their processes to manufacture a higher variety of products in a continuous way. The constant seek for improvement of the picking systems, is identified as an important process to achieve success as a company.

The goal for this report was to study three residual management systems and analyse which one is the ideal for implementing in the Stellantis, Mangualde picking system, to increase value in its operations and in the efficiency of its processes. To achieve the stipulated goal, a methodology was defined that consisted in an execution of descriptive research to write bibliographic review, in a characterization of the company in question, in a withdrawal of observed problematic situations and the writing of a document that contained improvement proposals. After the writing of said document, it was executed a study about said proposals to determine which one is the most indicated for the picking system in question.

According to the analysis made of the systems in question, it was determined that an implementation of a conjugation of the removable containers for correct separation of residuals system and the centralized vacuum system is the way that could bring more benefits to the picking system, contributing to the optimization of activities executed in said system. The conjugation of both systems contributes for the optimization of the activities executed in the picking system by eliminating the time of dislocations for the correct separation of residuals during picking activities. Also, it is possible to optimize the time of the retrieval of residuals, reducing 53,27% of its time and reducing the number of containers necessary, also optimizing the layout of the picking system.

Keywords

Optimization; *picking* system; production; logistics; automobile industry

Índice

| | |
|---|-----|
| Agradecimentos | v |
| Resumo | vii |
| Abstract..... | ix |
| Lista de Tabelas | xvi |
| Capítulo 1: Introdução | 1 |
| 1.1 Contextualização | 1 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.3 Metodologia | 2 |
| 1.4 Estrutura do Relatório | 4 |
| Capítulo 2: Enquadramento Teórico | 5 |
| 2.1 Sistema <i>Picking</i> | 5 |
| 2.1.1 Sistema “ <i>Picker-to-parts</i> ” | 6 |
| 2.1.3 Sistema “ <i>Parts-to-picker</i> ” e Sistemas Robotizados | 7 |
| 2.2 Métodos e Ferramentas para Otimização do Sistema <i>Picking</i> | 8 |
| 2.2.1 Aumento da Automatização e Planeamento da Rota dos “ <i>pickers</i> ” | 8 |
| 2.2.2 Operações Sistematizadas e Digitalizadas..... | 11 |
| 2.2.3 Estratégias de Localização com Base na Política do Sistema..... | 12 |
| 2.3 Sistema de Aspiração Industriais..... | 14 |
| 2.3.1 Sistema de Transporte Pneumático | 14 |
| 2.3.2 Bomba Industrial..... | 14 |
| 2.3.3 Sistema de Aspiração Centralizada | 15 |
| 2.5 <i>Lean Manufacturing</i> | 16 |
| 2.5.1 Evolução Histórica | 16 |
| 2.5.2 Ferramentas <i>Lean</i> | 17 |
| Capítulo 3: Caracterização da Empresa | 19 |
| 3.1 Indústria Automóvel..... | 19 |
| 3.2 Caracterização da Empresa | 19 |
| 3.3 Análise Setorial | 22 |
| 3.4 Caracterização do Processo Produtivo | 23 |
| 3.4.1 Ferragem..... | 23 |
| 3.4.2 Pintura | 23 |
| 3.4.3 Montagem..... | 24 |
| 3.4.4 <i>Bout d’Usine</i> | 24 |
| 3.5 <i>Stellantis Production Way</i> (SPW)..... | 25 |
| 3.6 Sistema de <i>Picking</i> da Empresa Stellantis, Mangualde..... | 25 |

| | |
|--|----|
| 3.6.1 Zona <i>Picking</i> PAV | 27 |
| 3.6.2 Zona <i>Picking</i> PLC | 28 |
| 3.6.3 Linha <i>Picking</i> HC | 28 |
| 3.6.4 Zona <i>Picking</i> MVA..... | 29 |
| 3.6.5 Zona <i>Picking</i> MVM (posto 14-19)..... | 30 |
| 3.6.6 Zona <i>Picking</i> MVM (posto 2-11)..... | 31 |
| 3.6.7 Zona <i>Picking</i> PQB..... | 31 |
| 3.6.8 Zona <i>Picking</i> de Preparação do Motor | 32 |
| Capítulo 4: Caso Prático | 33 |
| 4.1.1 Caracterização das Atividades e Problemas Observados | 33 |
| 4.2 Apresentação de Propostas de Melhoria..... | 35 |
| 4.2.1 Sistema de Aspiração de Plástico Implementado na Empresa Stellantis, Vigo | 41 |
| 4.2.1.1 Simulação do sistema de aspiração de plástico implementado na empresa Stellantis, Vigo..... | 42 |
| 4.2.2 Sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de <i>picking</i> | 45 |
| 4.2.2.1 Simulação do sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de <i>picking</i> | 47 |
| 4.2.3 Sistema de Aspiração Centralizado | 61 |
| 4.2.3.1 Simulação do sistema de aspiração centralizada com o sistema de separação de resíduos amovível | 63 |
| 4.3 Análise de Resultados | 65 |
| Capítulo 5: Conclusões..... | 71 |
| 5.1 Conclusões | 71 |
| 5.2 Propostas de Melhoria Futuras | 72 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1- Conjunto de etapas estabelecidas..... | 3 |
| Figura 2- <i>Large Gap Strategy</i> (Material Handling Forum, 2022) | 10 |
| Figura 3- Sistema de Aspiração Centralizada (Álvarez, 2013) | 15 |
| Figura 4- Marcas do Grupo Stellantis (Stellantis, 2023)..... | 20 |
| Figura 5- Organigrama da empresa Stellantis, Mangualde..... | 21 |
| Figura 6- Organigrama do Departamento da Montagem..... | 24 |
| Figura 7- SPW (Stellantis, Mangualde 2023)..... | 25 |
| Figura 8- <i>Layout zona Picking PAV</i> | 28 |
| Figura 9- <i>Layout zona Picking PLC</i> | 28 |
| Figura 10- <i>Layout zona Picking HC</i> | 29 |
| Figura 11- <i>Layout zona Picking MVA</i> | 30 |
| Figura 12- <i>Zona Picking MVM (14-19)</i> | 31 |
| Figura 13- <i>Layout zona Picking MVM (2-11)</i> | 31 |
| Figura 14- <i>Layout zona Picking PQB</i> | 32 |
| Figura 15- Tipos de contentores de resíduos | 38 |
| Figura 16- Mapa atual dos contentores de resíduos das zonas de <i>picking</i> | 39 |
| Figura 17- Tubo de aspiração..... | 42 |
| Figura 18- Zona de resíduos no final do corredor de <i>picking</i> | 42 |
| Figura 19- Mapa de contentores dos resíduos das zonas do <i>picking</i> e entradas dos tubos do sistema de aspiração | 44 |
| Figura 20- Caixa dimensionada para o sistema de separação de resíduos amovível..... | 47 |
| Figura 21- Ganho possível a obter no posto <i>picking PLC</i> | 55 |
| Figura 22- Ganho possível a obter na zona <i>picking MVM 14-19 ESQ</i> | 56 |
| Figura 23- Ganho possível a obter na zona <i>picking MVM 14-19 DIR</i> | 57 |
| Figura 24- Ganho possível a obter na zona <i>picking PQB</i> | 58 |
| Figura 25- Ganho possível a obter na zona <i>picking MVA</i> | 59 |
| Figura 26- Mapa dos contentores de resíduos das zonas de <i>picking</i> com a simulação da implementação do sistema de separação de resíduos amovível..... | 60 |
| Figura 27- Suporte dimensionado para o sistema de aspiração centralizado com a conjugação do sistema de separação de resíduos amovível | 63 |
| Figura 28- Mapa de contentores de resíduos com a implementação do sistema de aspiração centralizada e do sistema de separação de resíduos amovível..... | 64 |
| Figura 29- Bombas utilizadas no sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo. | 66 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Tempo atual das atividades de <i>picking</i> correspondentes à produção de um carro comercial..... | 36 |
| Tabela 2- Tempo de recolha por peça por zona de <i>picking</i> | 36 |
| Tabela 3- Tempo atual das atividades de <i>picking</i> de carros familiares..... | 37 |
| Tabela 4- Contentores existentes nas zonas de <i>picking</i> | 38 |
| Tabela 5- Tipos de resíduos existentes em cada zona de <i>picking</i> | 40 |
| Tabela 6- Tempos de recolha dos contentores de resíduos | 40 |
| Tabela 7- Tempo de recolha do lixo por zona de <i>picking</i> | 41 |
| Tabela 8- Tempo de recolha de resíduos nas zonas de <i>picking</i> com a implementação do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo | 45 |
| Tabela 9- Ganho obtido com a implementação do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo | 45 |
| Tabela 10- Dimensões máximas dos resíduos de cartão em cada zona de <i>picking</i> | 46 |
| Tabela 11- Tempo simulado nas zonas de <i>Picking</i> | 48 |
| Tabela 12- Melhoria de tempos de atividade de <i>picking</i> obtida..... | 49 |
| Tabela 13- Tempo de deslocação por plástico | 50 |
| Tabela 14- Tempo otimizado nas atividades de <i>picking</i> de carros familiares..... | 50 |
| Tabela 15- Melhoria obtida em cada atividade de <i>picking</i> correspondente à produção de um carro familiar | 51 |
| Tabela 16- Tempo otimizado e melhoria obtida por carro comercial..... | 52 |
| Tabela 17- Tempo otimizado e melhoria obtida por carro familiar | 52 |
| Tabela 18- Estudo realizado para a determinação do tempo de movimentação das caixas vazias..... | 53 |
| Tabela 19- Dados para cálculo de <i>takt time</i> | 53 |
| Tabela 20- Tempo de recolha de resíduos com a implementação do sistema de separação de resíduos amovível | 61 |
| Tabela 21- Ganho obtido com a implementação do sistema de separação de resíduos amovível..... | 61 |
| Tabela 22- Simulação do tempo de recolha de resíduos com a implementação do sistema de aspiração centralizada..... | 65 |
| Tabela 23- Ganho possível a obter com a implementação do sistema de aspiração centralizada..... | 65 |
| Tabela 24- Evolução da taxa de inflação em Portugal, 1999-2022 (PORDATA, 2023) . | 67 |
| Tabela 25- Análise de resultados obtidos com a simulação dos sistemas propostos | 68 |

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo apresenta-se uma contextualização do tema estudado, os objetivos definidos para o estágio, a metodologia utilizada neste trabalho e a estrutura do presente relatório.

1.1 Contextualização

Este relatório de estágio surge como resultado do estágio realizado na empresa Stellantis (Mangualde) e apresenta um estudo realizado sobre o sistema *picking* da empresa em questão, que visa a otimização dos seus processos.

Devido à constante evolução industrial, os sistemas de produção evoluíram de forma a produzirem continuamente uma quantidade variada de produtos. Para executar estes sistemas de forma eficiente, existem sistemas de gestão de armazéns estruturados de maneira a existir um controlo de *stock* rigoroso que mantém os níveis de produção constantes e eficazes (Winkelhaus *et al.*, 2022).

Os sistemas de gestão de armazéns mencionados têm, ao longo do tempo, sofrido mudanças significativas em relação a métodos de gestão de operações e ao nível de tecnologia implementado (Winkelhaus *et al.*, 2022). Estes são, geralmente, constituídos apenas por operadores que efetuam as tarefas manualmente e que normalmente se caracterizam por serem sistemas com um custo elevado. Atualmente, o nível de tecnologia a ser implementado nestes sistemas tem vindo a aumentar devido ao crescente desafio apresentado aos departamentos de logística e armazéns, conseqüente do aumento do nível de procura. Este aumento do nível de tecnologia pode levar à redução de desperdícios (tempo e custo) e o conseqüente aumento da sua eficiência (Winkelhaus *et al.*, 2022).

Os sistemas de *picking* surgem como parte do sistema de gestão de armazéns e têm como objetivo auxiliar e satisfazer as ordens de produção. As atividades do sistema em questão impõem diversos desafios devido à quantidade variada de produtos que são produzidos de forma contínua nas linhas de produção (Tappia *et al.*, 2019). O sistema pode englobar a existência e movimentos de uma quantidade significativa de peças variadas. Então, este deve estar desenhado e planeado de modo a executar operações de recolha e entrega de produtos de forma rápida e flexível e conseguir providenciar um suporte estável à linha de produção, não provocando atrasos no processo (Tappia *et al.*, 2019).

Os sistemas de *picking* são caracterizados como um processo chave nas cadeias de abastecimento e reconhecidos como um fator determinante de sucesso em várias indústrias (Winkelhaus *et al.*, 2022). A contínua procura para a melhoria dos processos destes sistemas, a fim de atingir maior flexibilidade e eficiência nos mesmos, é identificada como uma importante e complexa operação para alcançar sucesso como empresa (van Gils *et al.*, 2018). O estudo realizado sobre o sistema de *picking* da empresa em questão têm como objetivo procurar e desenvolver técnicas ou métodos que possam acrescentar valor às operações realizadas e aumentar a eficiência dos processos do sistema.

1.2 Objetivos

O objetivo principal do estágio consistiu na otimização do sistema *picking* utilizado como apoio à linha de montagem da empresa Stellantis, Mangualde, a fim de aumentar a eficiência dos seus processos e otimizar resultados.

Foram definidos os seguintes objetivos para o estágio:

- Executar uma revisão bibliográfica sobre as temáticas em estudo;
- Caracterizar o processo produtivo, tal como a caracterização da empresa em questão e do setor industrial onde ela se insere;
- Realização de uma análise de todas as ferramentas e metodologias utilizadas pela empresa em questão, de modo a executar um levantamento de problemas observados no sistema em estudo;
- Elaboração de um documento de propostas de melhoria para apresentação;
- Simulação das propostas de melhoria;
- Analisar resultados das propostas simuladas.

1.3 Metodologia

Os métodos de investigação estão associados às diferentes formas que o investigador pode analisar e interagir com o problema definido. Cada um dos diferentes métodos contribuem para o estudo e aperfeiçoamento do conhecimento sobre a realidade em causa e que, por sua vez, têm a sua maneira particular de abordar o problema podendo assim originar diferentes critérios de classificação (Rodríguez and Pérez, 2017).

Segundo Bhattacharjee (2012), o método científico refere-se a certas técnicas utilizadas em conjunto para a construção do conhecimento científico, a fim de realizar observações válidas, interpretar resultados e formular conclusões. O método em questão deve satisfazer quatro características (Bhattacharjee, 2012):

- Deve ser replicável, isto é, o método científico deve ser utilizado de forma que outros sejam capazes de replicar independentemente um estudo científico e obter resultados semelhantes.
- Deve ser preciso, ou seja, os conceitos teóricos devem ser definidos com rigorosa precisão a fim de conseguirem ser utilizados por outros para testar a teoria proposta.
- Deve ser lógico, ou seja, o método em questão deve ser baseado na razão lógica.
- Deve ser confirmável, ou seja, deve apresentar conclusões com base em evidências observadas.

A fim de desenvolver o relatório de estágio de forma a ser classificado como um trabalho de investigação, foram estabelecidas um conjunto de etapas que seguem uma determinada sequência, a qual se apresenta na figura 1.

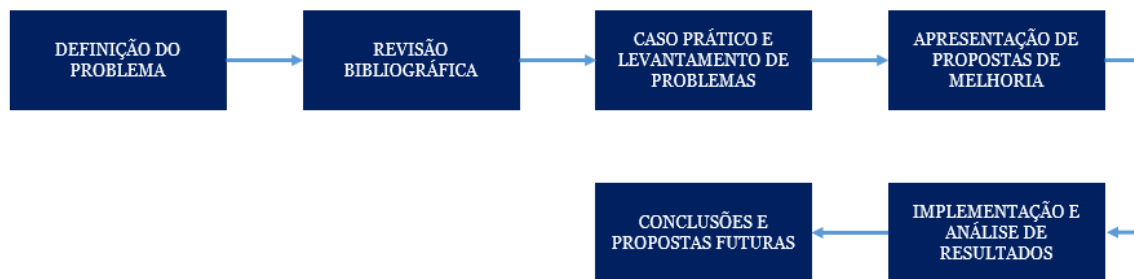


Figura 1- Conjunto de etapas estabelecidas

Como é apresentado na figura anterior, foi primeiramente definido e selecionado o problema a ser abordado tal como os objetivos que se pretendiam atingir. Seguidamente, foi executada uma pesquisa descritiva para a realização da revisão bibliográfica, que consistiu num estudo e análise de conceitos associados ao tema e ferramentas utilizadas para atingir os objetivos esperados. Para a realização da revisão bibliográfica, foram utilizadas algumas bases de dados de publicações científicas que permitiram recolher dados para estruturar uma revisão bibliográfica de forma objetiva e fundamentada. Assim, foi possível adquirir uma perspetiva global da temática em estudo, tal como a evolução de tecnologia implementada, as suas diferentes características e propostas de otimização já existentes, assim como áreas da temática ainda não exploradas.

Assim, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados “*IEEE Xplore*” e “*Science Direct*”, onde se obteve artigos científicos sobre os sistemas *picking* e as suas principais atividades.

Na mesma etapa, foi também realizado um estudo da empresa em questão, tal como uma análise do setor de atividade em que a empresa se encontra inserida.

Após a realização da revisão bibliográfica e de uma caracterização da empresa, foi executado um levantamento do estado atual da temática em estudo na empresa. Seguidamente, foi redigido um documento com propostas de melhoria de modo a se poder testar a sua eficácia. Após a avaliação das propostas, foi realizada uma conclusão sobre as mesmas e definidas de propostas de melhoria que poderão ser implementadas futuramente.

1.4 Estrutura do Relatório

A estrutura deste relatório consiste em 5 capítulos.

No primeiro capítulo é apresentada uma introdução com a contextualização do tema, assim como os objetivos do relatório, a metodologia utilizada e a devida estruturação.

O capítulo 2 é dedicado à apresentação do conceito do sistema *picking*, os seus diferentes tipos e características e a sua evolução na indústria. São também abordados possíveis métodos e ferramentas de otimização para o sistema *picking* pesquisados nos motores de busca referidos e estudados através de casos práticos relatados em artigos científicos. No mesmo capítulo são também apresentados o conceito de sistemas de aspiração industriais e as suas aplicações, e o conceito de *Lean Manufacturing*, a sua evolução histórica e algumas das suas ferramentas.

Seguidamente, o capítulo 3 consiste na breve caracterização do setor de atividade no qual a empresa Stellantis, Mangualde se insere, tal como a caracterização da mesma e do seu processo produtivo. São, também, apresentadas neste capítulo as ferramentas e metodologias utilizadas pela empresa no sistema de *picking*, tal como todas as zonas que constituem o sistema de *picking* da empresa em questão.

Após o estudo de todos estes tópicos e da análise das metodologias e ferramentas utilizadas pela empresa Stellantis, Mangualde, surge no capítulo 4 uma listagem com os problemas identificados no sistema *picking* e uma apresentação de propostas de melhoria a fim de atingir a otimização do sistema. Seguidamente, é apresentado um estudo realizado através da simulação de cada uma das propostas sugeridas e uma análise dos resultados obtidos.

No último capítulo, é apresentada uma conclusão fundamentada e propostas futuras para a empresa a fim de melhorar a eficácia e aumentar a eficiência do sistema *picking*.

O relatório termina com a listagem das referências bibliográficas utilizadas ao longo do relatório.

Capítulo 2

Enquadramento Teórico

Neste capítulo serão abordados conceitos essenciais para a realização do estágio. Inicia-se com a definição e caracterização de um sistema de *picking*, tal como a apresentação dos seus diferentes métodos e técnicas utilizadas. Seguidamente são abordadas os principais métodos e ferramentas de otimização para os sistemas em questão.

A terceira parte do capítulo consiste na apresentação e definição de um sistema de aspiração centralizado. Estes sistemas podem ser observados em diversas empresas para a aspiração de lixo e outros resíduos. A última parte do capítulo consiste na apresentação da filosofia *Lean*, tal como a sua evolução histórica e as suas principais ferramentas.

2.1 Sistema *Picking*

De acordo com Bottani, Volpi and Montanari (2019), a atividade de *picking* é caracterizada como o processo de recolha e transporte de peças requeridas para satisfazer uma ou várias ordens de encomenda ou produção. Frequentemente, estas atividades têm sido alvo de pesquisa e investigação visto serem consideradas uma parte determinante da *performance* dos sistemas de armazém (Winkelhaus *et al.*, 2022).

Estes sistemas são também apresentados como uma das atividades de armazém mais dispendiosas, devido ao facto de requererem muita mão de obra ou um elevado investimento. São, portanto, sistemas frequentes de alvo de investigação devido ao facto de serem classificados como áreas de melhoria de produtividade promissora (Bottani, Volpi and Montanari, 2019).

A fim de existir uma correta e eficaz implementação de um sistema de *picking* numa empresa, deve-se ter em consideração os seguintes fatores (Bottani, Volpi and Montanari, 2019):

- A dimensão do espaço de armazenamento e o seu *layout*;
- A disposição das prateleiras com produtos para a realização das atividades *picking* (horizontalmente ou verticalmente);
- A estratégia de recolha dos produtos para satisfazer as ordens de produção;
- O volume de peças/produtos necessários para satisfazer uma ordem de produção e as suas características.

O sistema de *picking* engloba uma variedade de métodos de *picking* que podem ser observados em diferentes armazéns. Com base nos fatores referidos anteriormente, próprios dos armazéns de cada organização, estas implementam o sistema de *picking* que mais se adequa ao seu sistema de produção e à sua área logística.

Os sistemas de *picking*, podem ser classificados com base em quem executa a recolha de peças/produtos, operadores ou robôs e máquinas automatizadas. Podem também ser classificados consoante a sua política de *picking* e o uso de transportadoras para o funcionamento do sistema (Lolli *et al.*, 2022). Os sistemas de *picking* em que são os operadores a realizar a atividade de recolha de produtos, podem-se classificar como (Lolli *et al.*, 2022):

- Sistema “*picker-to-parts*”;
- Sistema “*parts-to-picker*”.

Os sistemas que são constituídos por máquinas automatizadas ou robôs que realizam a recolha de produtos/peças, são designados como “sistemas completamente automatizados” ou “sistemas robotizados” (Lolli *et al.*, 2022).

2.1.1 Sistema “*Picker-to-parts*”

O primeiro sistema a analisar é o sistema “*picker-to-parts*”. Segundo Winkelhaus *et al.* (2022), este sistema caracteriza-se como sendo o mais comum e o mais tradicional dos sistemas *picking*.

Os operadores movem-se dentro da área do sistema a fim de recolherem as peças/produtos de forma a completarem uma ordem de produção ou parte de várias ordens, dependendo da sua política de *picking*. A política pode ser por item (recolha realizada de forma a completar partes de várias ordens de produção) ou por ordem (recolha realizada de forma a completar uma ordem de produção) (Scholz, Schubert and Wäscher, 2017).

A recolha das peças pode também ser classificada quanto ao método de organização do armazém, ou seja, dependendo de como são dispostas as peças. Esta disposição pode ser em alto nível, isto é, recolha de peças em altitude com o auxílio de máquinas de transporte, ou baixo nível, que consiste na recolha de peças ao longo de um percurso horizontal (Bottani, Volpi and Montanari 2019).

Dentro destes sistemas, existem diversas variantes organizacionais (van Gils *et al.*, 2018). Como foi anteriormente referido, no sistema “*picker-to-parts*”, a recolha das peças/produtos

pode ser executada por ordem de produção ou por item, dependendo da política de *picking* adotada pela empresa. Se a recolha de peças for por item, a atividade é classificada como “*batch picking*”. Se a recolha de peças for por ordem de produção, a atividade é classificada como “*discrete picking*” (Freitas *et al.*, 2019).

No “*batch picking*”, as peças são recolhidas para satisfazer múltiplas ordens de produção por atividade. A separação e seleção das peças para as múltiplas ordens de produção pode ser realizada enquanto ocorre a atividade de recolha, sendo assim caracterizado como um sistema “*sort-while-pick*” ou pode ser realizada no fim da atividade, numa área designada para o propósito, sendo assim caracterizado como um sistema “*pick-and-sort*” (Bottani, Volpi and Montanari, 2019). O método em questão é recomendado para a satisfação de ordens de produção que constituem um conjunto pequeno de peças (Freitas *et al.*, 2019).

No “*discrete picking*”, as peças são recolhidas para satisfazer apenas uma ordem de produção por atividade. O método em questão é recomendado para a satisfação de ordens de produção que constituem um conjunto grande de peças (Freitas *et al.*, 2019).

Outra variante organizacional é designada como “*zoning*”. O “*zoning*” traduz-se na separação de áreas de *picking* em zonas, sendo que todas as peças que estão associadas a uma zona possuem uma característica/atributo ou finalidade em comum. Ocorre também a atribuição de um ou mais operadores a cada zona (Freitas *et al.*, 2019).

A variante “*zoning*” pode ser ainda classificada em “*sequential zoning*”, em que a atividade de *picking* têm de ser executada em todas as zonas de forma progressiva a fim de completar a ordem de produção, ou em “*synchronised zoning*”, em que as atividades de *picking* podem ser realizadas nas zonas paralelamente, de maneira a satisfazer várias ordens de produção ao mesmo tempo (Bottani, Volpi and Montanari, 2019).

Pode também ser observado num sistema de *picking*, a emissão simultânea de um conjunto de ordens de produção que possuem um destino final em comum. Essa estratégia é designada como “*wave picking*” e os operadores devem realizar a recolha de peças para a satisfação do número de ordens de produção emitidas a fim de ser emitido o seguinte conjunto de ordens de produção (Freitas *et al.*, 2019).

2.1.3 Sistema “*Parts-to-picker*” e Sistemas Robotizados

Segundo Tappia *et al.* (2019), o sistema “*parts-to-picker*” consiste no movimento das peças/produtos e não no movimento dos operadores. Ou seja, as peças/produtos a recolher

são movimentadas através de máquinas automatizadas até uma área de separação e seleção onde os operadores selecionam e recolhem a quantidade requerida de peças para satisfazer uma certa quantidade de ordens de produção. Neste sistema, as máquinas automatizadas podem ter diferentes tipos de comandos, o que difere no número de movimentos que a máquina pode realizar e na quantidade de diferentes peças que a máquina pode movimentar simultaneamente (Winkelhaus, Grosse and Morana 2021).

Após a seleção, as peças/produtos podem, ou não, ser novamente movimentadas através de máquinas automatizadas de forma a retomarem a sua posição inicial (Winkelhaus, Grosse and Morana 2021).

Por fim, classifica-se como sistemas robotizados quando a recolha e entrega de peças/produtos é realizada por robôs ou máquinas automatizadas. Atualmente, estes sistemas são limitados devido ao seu menor nível de flexibilidade e adaptabilidade (Winkelhaus, Grosse and Morana 2021).

2.2 Métodos e Ferramentas para Otimização do Sistema *Picking*

De acordo com Bottani, Volpi and Montanari (2019), a generalidade dos sistemas *picking* beneficia com os seguintes métodos de otimização:

- Planeamento da rota dos “*pickers*”;
- Estratégias de localização dos produtos armazenados com base na política do sistema;
- Operações sistematizadas e digitalizadas;
- Aumento da automatização dos sistemas *picking*, que consiste na implementação de robôs no sistema para a realização de transportes e/ou atividades *picking*).

2.2.1 Aumento da Automatização e Planeamento da Rota dos “*pickers*”

De acordo com Winkelhaus, *et al.*, (2022), o aumento da automatização do sistema e o planeamento da rota dos “*pickers*” reduz os custos associados ao funcionamento do sistema e consequentemente aumenta a sua eficiência. Os autores concluíram isto após a realização de uma simulação de um sistema *picking* híbrido, ou seja, uma simulação de um sistema modelo que envolve a junção de um sistema manual (apenas constituído por operadores) e um sistema *picking* automatizado.

Winkelhaus *et al.* (2022), desenharam um modelo de simulação capaz de analisar o comportamento do sistema sob diferentes situações. O modelo considerava três componentes:

- Agentes com comportamentos individuais, devido às duas equipas distintas;

- Interações diretas e indiretas, devido ao número de agentes a trabalhar no mesmo espaço;
- Diferentes situações, de forma a criar um ambiente de trabalho.

Para a criação da simulação de um sistema híbrido foram consideradas duas equipas:

- A equipa humana, que era comparada com o tradicional sistema manual de *picking*;
- A equipa de robôs autónomos, que foi comparada com um sistema automatizado.

Após o desenho do modelo de simulação, definiram o modelo conceptual da simulação do sistema e foram estabelecidos parâmetros para a simulação tal como:

- A distribuição do número de pedidos do sistema;
- A ordem de prioridade;
- O número de horas de trabalho por turno;
- O número de pedidos a atribuir por equipa, sendo esta ocupada por um operador e um robô;
- O custo mensal de um operador, o custo total de um robô com um período de vida útil de seis anos e o custo de manutenção anual de cada robô.

Com o modelo desenvolvido, foram estudados diferentes cenários e apresentado os respetivos resultados de cada cenário explorado.

Num primeiro passo, foram realizadas simulações para cada equipa, ou seja, foi feita uma simulação apenas com operadores e outra simulação apenas com robôs. Concluíram que o sistema automatizado apresentava menos custos quando era simulado um menor número de pedidos. No entanto, este sistema perdia vantagem quando era simulado um aumento do número de pedidos devido à menor velocidade que os robôs apresentavam em relação aos operadores.

De seguida, foi simulado um sistema híbrido com uma estratégia transversal de recolha de produtos, ou seja, uma rota delineada de forma que todos os corredores secundários do armazém fossem revistos. Esta simulação apresentou um resultado positivo em relação aos custos, se ambas as equipas trabalhassem ao mesmo ritmo. Se não houvesse um equilíbrio entre as duas equipas, o sistema acabaria por atrasar os pedidos e, conseqüentemente, os custos aumentariam. Os resultados desta simulação também diferiram consoante o tipo de tarefa atribuída aos membros de cada equipa.

As simulações seguintes diferiam apenas nas estratégias de recolha. Foram escolhidas estratégias que envolviam que cada equipa obtivesse uma estratégia de recolha diferente. Na primeira simulação foi escolhida a estratégia transversal para a equipa dos operadores e a estratégia *Large Gap* (LG) para a equipa dos robôs. Esta última estratégia consistia em que o agente que iria recolher os produtos começasse onde exista uma maior lacuna entre os dois produtos a recolher e efetuava o seu trajeto com base apenas na localização dos restantes produtos. Apresenta-se na figura 2 um exemplo de trajeto com base na estratégia referida.

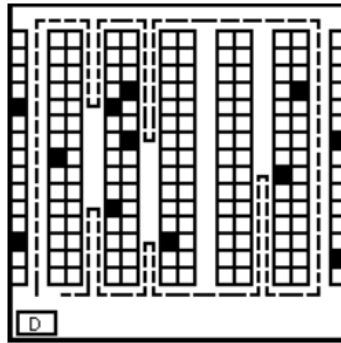


Figura 2- *Large Gap Strategy* (Material Handling Forum, 2022)

Na segunda simulação, ambas as equipas utilizaram a estratégia LG. Foram obtidos resultados positivos na redução de custos em ambas as estratégias, podendo-se assim concluir que a estratégia LG é uma melhor estratégia para ambas as equipas do que a estratégia transversal. Após a finalização das diversas simulações, Winkelhaus *et al.* (2022) concluíram que o aumento da automatização em sistemas maioritariamente constituídos por operadores permitia obter benefícios, tais como a redução de desperdícios e de custos, aumentando assim a sua eficiência. Concluíram ainda que um bom planeamento e definição de rota dos “pickers” se traduzia em redução de tempos e consequentemente na redução de atrasos e custos associados.

Para além, da estratégia transversal e a estratégia LG, existem outras estratégias de planeamento da rota dos *pickers*. Segundo van Gils, *et al.* (2018), também são classificadas como estratégias de planeamento de rota dos *pickers* as seguintes:

- “*Aisle-by-aisle*”, que consiste na passagem do *picker* por todos os corredores ou zonas de *picking* que contenham no mínimo uma localização de uma atividade de *picking*;
- “*Return*”, que consiste na entrada e saída do *picker* pelo mesmo lado de um corredor que contenha pelo menos uma localização de atividade de *picking*.
- “*Midpoint*”, que consiste no percurso de um *picker* nos corredores que contenham pelo menos uma localização de uma atividade de *picking*, da entrada até ao ponto central do corredor, saindo pelo mesmo ponto de entrada.

- “*Metaheuristic*”, indicadores ou guias desenvolvidos para auxiliar no desenvolvimento de algoritmos de otimização a fim obter a melhor rota de *pickers* em cada situação.
- Algoritmos de otimização.

2.2.2 Operações Sistematizadas e Digitalizadas

A técnica mais tradicional utilizada nos sistemas de *picking* é designada como “*pick-by-paper*” (Fager *et al.*, 2019). De acordo com Fager *et al.* (2019), o “*pick-by-paper*” consiste na impressão da ordem de *picking*, revelando assim para os *pickers*, o tipo de peças necessárias e as quantidades das mesmas requeridas para a satisfação da ordem de produção associada. O papel revela também a sequência de recolha das peças, a localização das mesmas e as diferentes secções de armazenamento. Dependendo da política de *picking*, a folha pode também conter o destino apropriado de cada peça recolhida. Por fim, a folha contém uma secção concebida para confirmar a recolha de todas as peças apresentadas na lista, que o *picker* deve preencher totalmente a fim de confirmar a recolha de todas as peças requeridas e finalizar a atividade de *picking* (Fager *et al.*, 2019).

Outro método de otimização é a sistematização e digitalização das operações de um sistema *picking*. Segundo Vijayakumar and Sgarbossa (2021), um dos melhores métodos de otimização é a digitalização dos sistemas de informação do *picking*, designadas por “*paperless picking*”.

Os sistemas de informação de *picking* digitalizados consistem na utilização de máquinas de leitura de códigos de barra que representam as ordens de produção. A realização das leituras transmite a informação das ordens de produção para o sistema sobre a quantidade de peças requeridas, a identificação das mesmas e as suas localizações. Depois, esta informação pode ser transmitida ao operador por comandos de voz designado por “*pick-by-voice*”, por sistemas de luzes designados por “*pick-to-light*” ou por dispositivos de realidade aumentada designados por “*pick-by-HUD*” (Vijayakumar and Sgarbossa 2021).

O sistema “*pick-by-voice*” foi concebido para auxiliar os *pickers* na identificação e localização das peças requeridas, a fim de diminuir tempos e maximizar a eficiência do processo. Consiste na utilização de auriculares por parte dos *pickers*, quando realizam uma atividade *picking*, os quais estão ligados via *Bluetooth* a um recetor colocado no bolso do *picker* e que transmite informação relativa ao *picking*, recebida através do computador principal via *Wi-Fi* (Fager *et al.*, 2019).

Para cada peça requerida, o *picker* recebe primeiro a localização da peça através da audição de um código estipulado pela empresa e conhecido por todos os colaboradores. Ao localizar a peça, o *picker* emite verbalmente um código de confirmação da localização da peça para o sistema. Seguidamente, o sistema comunica-lhe a quantidade requerida e o *picker* confirma a recolha ao emitir verbalmente a quantidade que lhe foi transmitida. Dependendo da política de *picking* utilizada, o sistema pode recomeçar o seu processo para outra ordem de produção ou ainda indicar o destino apropriado para cada peça através de um código estipulado (Fager *et al.*, 2019).

O sistema “*pick-to-light*” consiste na indicação da localização de uma determinada peça através do acionamento de uma luz. A localização de cada peça é transmitida ao sistema através da leitura de um código de barras que transmite as informações necessárias de uma ordem de produção. Ao acionar a luz, o operador sabe automaticamente que deve recolher a peça/produto localizada na zona de armazenamento onde se encontra a luz. Dependendo da política de *picking* utilizada e da maneira como é realizada cada atividade, este sistema pode funcionar com indicadores digitais. Ao mover-se para a localização correta, o operador encontra o indicador digital referente ao local de armazenamento que lhe comunica o ID (identificação) da peça/produto e a quantidade necessária a recolher. Após a recolha, o operador confirma a execução da sua atividade ao clicar num botão que envia uma confirmação da ação ao sistema (Fager *et al.*, 2019).

O sistema “*pick-by-HUD*” utiliza tecnologias de realidade aumentada de forma a guiar os *pickers* nas suas atividades. Estas tecnologias são maioritariamente implementadas em óculos, que transmitem ao *picker* através de gráficos visuais a peça a recolher, a localização da mesma e a quantidade requerida. Podem também auxiliar na indicação da localização final da peça após ser recolhida (Fager *et al.*, 2019).

2.2.3 Estratégias de Localização com Base na Política do Sistema

Segundo Montanari *et al.*, (2021), uma eficiente estratégia de localização dos produtos é um processo que permite uma mais rápida execução de atividades associadas ao sistema *picking*, aumentando assim a eficiência dos processos e, conseqüentemente, o sucesso da empresa.

Os autores referidos no parágrafo anterior apresentaram um caso de estudo que consistia na avaliação da *performance* de um sistema de gestão de armazém, simulado com dois tipos de estratégias de localização de peças/produtos e diferentes rotas dos “*pickers*” planeadas. Segundo Montanari *et al.*, (2021), na seleção de uma estratégia de localização têm de ser também considerada as rotas dos “*pickers*” e o *layout* do armazém.

As duas estratégias de localização estudadas foram a localização aleatória dos produtos e uma estratégia de múltiplos critérios, designada por “*Interval-Value TOPSIS (IV-T)*” (Montanari *et al.*, 2021).

Para a última estratégia referida, os critérios para a definição da melhor localização eram, o tamanho de todas as áreas de armazenamento disponíveis, o nível de procura de cada peça/produto e o seu nível de relevância para a empresa. Ou seja, quanto maior a sua relevância e o nível de procura de uma certa peça/produto, maior seria a sua prioridade na escolha de localização no sistema *picking*.

A seleção da estratégia de localização era realizada através da minimização da distância que o *picker* percorria ao realizar as recolhas necessárias de peças/produtos e da maximização dos critérios definidos no parágrafo anterior. Concluíram que a seleção da estratégia de localização de peças/produtos de múltiplos critérios trazia benefícios na redução de tempo perdidos, devido à diminuição da distância percorrida pelos trabalhadores e aumento da eficiência do sistema *picking* (Montanari *et al.*, 2021).

Para além das estratégias referidas anteriormente, existem também outras estratégias de localização aplicadas por empresas a fim de diminuir tempos de deslocação e aumentar a eficiência nos sistemas *picking*. A estratégia de divisão das peças por classes permite dividir o espaço de armazenamento em zonas associadas às classes, sendo que as peças podem ser organizadas aleatoriamente ou seguindo uma ordem específica. Esta estratégia apresenta resultados mais eficientes do que uma estratégia de localização aleatória de produtos, no entanto, o número de classes deve ser reduzido de maneira a facilitar a organização do espaço de armazenamento (Bottani, Volpi and Montanari, 2019).

A atribuição das peças às diferentes classes é realizada através do estudo das requisições de cada peça. Isto é, as peças que são mais requeridas são atribuídas a uma classe específica e as que menos são requeridas são atribuídas a outra classe. As classes podem também ser definidas através de outros critérios, como os ciclos de vida das peças ou o tamanho das mesmas (Bottani, Volpi and Montanari 2019).

Relativamente à localização das classes, segundo Bottani, Volpi and Montanari (2019), estas podem ser organizadas:

- Por corredores, podendo cada corredor corresponder a uma classe ou vários corredores corresponderem a uma classe;

- Por distância ao seu destino final, localizando o espaço de cada classe estrategicamente perto do seu destino;
- Periféricamente, localizando as diferentes classes na periferia do armazém.

2.3 Sistema de Aspiração Industriais

Um sistema de aspiração consiste num equipamento utilizado para movimentar todo o tipo de materiais quer estejam no estado líquido ou sólido. O movimento referido consiste na utilização do vácuo e da pressão realizada através de bombas. Estes sistemas são utilizados em diversos setores industriais com diferentes aplicações. A variedade de bombas e de sistemas de vácuo faz com que exista uma gama diversa de sistemas de aspiração. Existindo uma gama diversificada podem surgir dificuldades no processo de escolha do sistema mais eficiente para a aplicação que a organização pretende (IVAC, 2023).

2.3.1 Sistema de Transporte Pneumático

Este tipo de sistema consiste num equipamento que funciona através de ar ou gás pressurizado, movimentando materiais sólidos através de tubos horizontais ou verticais de uma origem para um certo destino. O movimento realizado por este sistema é executado através de um sistema de pressão ou de vácuo (IVAC, 2023). O sistema pneumático é composto por um equipamento de carregamento, uma linha de transporte e um equipamento de descarga (IVAC, 2023).

Segundo IVAC (2023), podem ser utilizadas dois tipos de tecnologia neste sistema:

- Tecnologia de transporte a alta velocidade, conhecida como tecnologia “*dilute phase*”. Esta permite que o material que é transportado esteja suspenso no ar através da sua pressurização ou do vácuo;
- Tecnologia de transporte a baixa velocidade, conhecida como tecnologia “*dense phase*”. Esta permite que o material seja transportado a baixa velocidade.

A utilização de um sistema de transporte pneumático traz um nível de flexibilidade mais significativa que os sistemas de transporte mecânicos, tendo também uma maior capacidade de transporte em maiores distâncias e uma instalação que requer um menor espaço. Requer também um menor custo de manutenção (IVAC 2023).

2.3.2 Bomba Industrial

Uma bomba industrial é um tipo de equipamento pesado que é utilizado para movimentar diferentes tipos de material. Estes materiais são transportados através de ações mecânicas

como impulsionadores em rotação. Uma bomba industrial pode ser utilizada para diversas aplicações e existe uma gama diversificada de bombas que são classificadas consoante o tipo de movimento que a bomba executa para movimentar o material (IVAC 2023). As bombas são classificadas em dois grandes grupos (IVAC, 2023):

- Bomba de deslocamento positivo, que movimenta fluídos ou sólidos através de uma captura do material e forçam o mesmo através de um tubo ou de um sistema de descarga.
- Bomba centrífuga, que utiliza impulsionadores para movimentar fluídos ou outro tipo de materiais para uma câmara.

O que distingue uma bomba centrífuga de uma bomba de deslocamento positivo é que a velocidade a que os materiais se movimentam dentro do sistema varia com uma bomba centrífuga e mantém-se constante com uma bomba de deslocamento positivo.

2.3.3 Sistema de Aspiração Centralizada

A aspiração central baseia-se na circulação forçada do ar que faz movimentar diversos tipos de material por uma rede de tubos até um depósito ou reservatório. Esta circulação é realizada através de um motor (Álvarez, 2013).

Consiste numa central de aspiração que abrange uma grande área devido ao seu sistema de tubagens, que permitem alcançar zonas separadas e movimentar os resíduos para um depósito central. Apresenta-se na figura 3 um exemplo de um sistema de aspiração central que abrange uma área ampla com quatro divisões.



Figura 3- Sistema de Aspiração Centralizada (Álvarez, 2013)

2.5 Lean Manufacturing

A gestão da produção é uma área de conhecimento cujas suas teorias vão evoluindo consoante o tempo. As filosofias da produção têm de evoluir continuamente a fim de acompanharem as evoluções industriais e tecnológicas (Dilanthi, 2015). A constante mudança de fatores globais, como o aumento da taxa de globalização, uma maior atenção para responsabilidades sociais e ambientais, o aumento da competitividade entre empresas e margens de lucro mais reduzidas em todas os setores industriais, influenciam as organizações a responder de forma inovativa perante todos estes fatores, para ganhar ou manter as suas vantagens competitivas (Tasdemir and Gazo, 2018).

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de produção atualmente adotada pela indústria transformadora. Este conceito foca-se na otimização dos processos-chave dos sistemas de produção de forma a reduzir custos e a aumentar a taxa de eficiência do sistema. Envolve erradicando os desperdícios e as atividades que não acrescentam valor para a organização. Os seus objetivos são a melhoria da qualidade, a criação de um sistema de gestão transparente e simplificado, aumento da eficiência de processos, aumento da automatização, melhoria de condições de segurança, higiene e saúde no trabalho e aumento da satisfação dos trabalhadores (Dilanthi, 2015).

2.5.1 Evolução Histórica

A filosofia *Lean* teve origem no pensamento de redução de desperdícios. Henry Ford dinamizou a sua fábrica de automóveis com a realização de um estudo de desperdícios em tempos e em atividades. Ford entendeu que para maximizar a produção, ele deveria padronizar a sua linha de produção, incluindo postos de trabalho e localização de peças e ferramentas (Dilanthi, 2015).

Após Henry Ford, ocorreu outro avanço na ciência da gestão da produção no Japão, após a Segunda Guerra Mundial. Para recuperar a economia japonesa e continuar no mercado, algumas empresas desenvolveram alguns métodos para reduzir desperdícios e consequentemente, diminuir custos (Dilanthi, 2015).

Surge então o *Toyota Production System* (TPS), cuja sua filosofia consistia na melhoria contínua dos produtos, processos e atividades relativas à produção, através da redução de desperdícios e atividades que não acrescentavam valor, com o envolvimento e participação de todos os colaboradores da organização. Neste sistema, são apresentados dois conceitos inovadores: o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka* (Dilanthi, 2015).

O JIT é um conceito que defende a importância na entrega do produto certo, no tempo certo e na quantidade certa para o cliente, utilizando o mínimo de recursos. Esta abordagem resulta na diminuição da quantidade de *stocks* necessários e, conseqüentemente, na redução de custos associados (Dilanthi, 2015).

O *Jidoka* é um conceito que defende a automatização das máquinas de maneira que estas tenham a capacidade de identificar erros no produto e parar a produção, de forma a impedir que este não avance para o processo seguinte sem ser retificado pelos operadores. Assim, ocorre uma melhoria na qualidade do processo e conseqüente diminuição de custos associados (Dilanthi, 2015).

Para além de reduzir desperdícios, o TPS consiste também no nivelamento da produção, na melhoria contínua e na standardização de processos e trabalhos. A filosofia *Lean* surge então com o propósito de reduzir desperdícios no sistema de produção a fim de aumentar a qualidade e acrescentar valor para o cliente (Dilanthi, 2015).

2.5.2 Ferramentas *Lean*

Um sistema de produção *Lean* envolve a adoção de diversas ferramentas (Kumar, *et al.* 2022). Segundo Kumar, *et al.* (2022), as principais ferramentas *Lean* consistem em:

- Análise de pontos “gargalo”, que envolve a medição da atividade no processo de produção que dura mais tempo, de forma a conseguir determinar a capacidade eficiente da linha de produção;
- Tempos *takt*, que consiste em determinar os tempos de ciclo da produção;
- Produção em Células, que consiste em agrupar a produção de peças semelhantes em células de produção, reduzindo tempos e otimizando a utilização das máquinas e equipamentos;
- *Single Minute Exchange of Die* (SMED), ferramenta utilizada para diminuir os tempos de *setup*;
- *Total Productive Maintenance* (TPM), ferramenta utilizada para maximizar a eficiência e capacidade dos processos;
- *Total Quality Management* (TQM), cujo foco é melhorar a qualidade dos processos e reduzir defeitos;
- Gestão Visual, facilitando assim a recolha de informação e a tomada de decisões para a gestão de trabalhos e atividades;
- Standardização das atividades e processos, de forma a minimizar variações e, conseqüentemente, possíveis defeitos;

- Sistemas de Produção flexíveis, de maneira a assegurar a rápida adaptação dos sistemas de produção a eventuais mudanças na procura, na tecnologia, entre outros;
- 5 S, ferramenta utilizada para a organização do espaço de trabalho que consiste em cinco etapas, sendo estas a seleção das ferramentas essenciais, organização das mesmas, limpeza do espaço envolvente, standardização da utilização das mesmas e dos processos envolventes e a contínua formação sobre as etapas previamente referidas;
- Nivelamento da produção, a fim de minimizar as discrepâncias do nível de produção sobre diferentes produtos;
- *Just in Time (JIT)*, ferramenta utilizada para diminuir níveis de *stocks* e custos associados, produzindo apenas quando e quanto é necessário;
- *Kanban*, ferramenta utilizada para visualizar os produtos que já se encontram em produção e os produtos que são necessários produzir, de maneira a visualizar o trabalho e maximizar eficiência dos processos;
- *Kaizen*, utilizada para a melhoria contínua dos processos, a fim de minimizar defeitos e desperdícios, aumentar a produtividade e promover a envolvimento dos trabalhadores e a inovação.

Capítulo 3

Caracterização da Empresa

Neste capítulo apresenta-se uma caracterização da indústria automóvel, um breve estudo realizado sobre a sua evolução histórica e sobre o seu contexto atual. Seguidamente, é apresentada uma caracterização da empresa Stellantis, Mangualde, tal como a caracterização do seu processo produtivo, o seu sistema de produção integrado e o seu sistema de *picking*.

3.1 Indústria Automóvel

O impacto económico que a indústria automóvel tem é bastante relevante. A produção de veículos é o principal influenciador de novas políticas e estratégias nos países que apresentam atividades diretamente ou indiretamente relacionadas com a indústria automóvel. A sua relevância económica está diretamente associada à capacidade do sistema para criar postos de trabalho (Orsato and Wells, 2007).

Atualmente, o setor automóvel está em constante evolução. De forma a atender as necessidades e exigências da sociedade atual, os sistemas de produção associados a este setor são cada vez mais flexíveis e ágeis de forma a produzir de forma mais eficaz e eficiente uma quantidade variada de produtos. Este tipo de sistemas de produção de produtos customizados é associado à Indústria 4.0 (Ebrahimi, Baboli and Rother, 2018).

Em Portugal, a indústria automóvel representa um peso significativo na economia nacional, sendo este apresentado como um dos principais setores de atividade em termos de criação de emprego, riqueza e inovação tecnológica, representando cerca de 3,8% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2020. De acordo com o caderno setorial do setor automóvel em Portugal, de 2010-2020, da Direção-Geral das Atividades Económicas (2022), a indústria de componentes e acessórios é o subsetor que mais se destaca, pois possui o maior número de postos de trabalho e os valores mais altos de VAB, de volume de negócios e de exportações.

3.2 Caracterização da Empresa

O estágio foi realizado na empresa Stellantis, Mangualde. Esta empresa faz parte do grupo Stellantis, um grupo de empresas composto pelo grupo PSA Peugeot Citröen e pelo Grupo Fiat Chrysler Automobiles (FCA). O Grupo Stellantis é responsável pela produção de automóveis de diversas marcas conforme ilustrado na figura 4.



Figura 4- Marcas do Grupo Stellantis (Stellantis, 2023)

O grupo Stellantis tem atualmente, 400.000 colaboradores e está presente em 130 mercados com implantações industriais em 30 países. Em 2021, o grupo registou um número de 6,6 milhões de veículos vendidos. O grupo lidera o mercado de veículos ligeiros com uma quota de mercado de 20,2% (Stellantis, Mangualde 2023).

A empresa Stellantis, Mangualde foi fundada em 1962 e atualmente têm cerca de 800 colaboradores. A Stellantis, Mangualde possui uma área de 98.000 m² e produz cerca de 357 veículos por dia. A empresa produz carros das seguintes marcas e modelos: Peugeot Partner; Peugeot E-Rifter; Citroën Berlingo; Fiat Doblo e Opel Combo.

A empresa possui o seu Sistema de Gestão da Qualidade certificado de acordo com a norma ISO 9001:2015 e o Sistema de Gestão Ambiental certificado de acordo com a norma ISO 14001:2015.

A empresa engloba 12 departamentos sendo estes:

- Gestão Económica;
- Sistema de Excelência da Stellantis;
- Relações Sociais e Humanas;
- Unidade Técnica;
- Informática e Inovação;
- Investimentos;

- Comunicação;
- Ferragem;
- Pintura;
- Montagem;
- Qualidade;
- Logística.

Na figura 5 apresenta-se como todos os departamentos referidos acima se enquadram no organigrama da empresa Stellantis, Mangualde.



Figura 5- Organigrama da empresa Stellantis, Mangualde

A empresa Stellantis, Mangualde define como a sua visão (Stellantis, Mangualde 2023):

- “Definir, implementar e melhorar continuamente o melhor Sistema de produção da indústria para tornar realidade as ambições do Grupo Stellantis”.
- Produzir veículos com segurança e em fábricas que respeitam o meio ambiente.
- Assegurar um nível de Qualidade e Valor excepcional dos seus produtos aos seus clientes.

A empresa como a sua missão (Stellantis, Mangualde 2023):

- Impulsionar a melhor *performance* na área da Saúde, Segurança e Higiene no Trabalho.
- Impulsionar a melhor *performance* na Qualidade, no cumprimento de prazos, na redução de Custos e na proteção do Meio Ambiente.
- Melhorar continuamente as competências dos seus colaboradores, de maneira a implementar os melhores processos de forma rápida e eficaz.
- Formar todos os seus colaboradores de forma a adquirirem todas as capacidades necessárias para aplicarem o Stellantis *Production Way* (SPW) e assim assegurar a sua eficaz aplicação.
- Partilhar de forma rápida e eficaz todas as melhores práticas, áreas de modelo, estratégias digitais e *benchmarks*.

- Melhorar todos os métodos e ferramentas do Sistema de Produção a fim de maximizar o valor acrescentado.

Os valores da Stellantis, Mangualde são partilhados por todo o grupo Stellantis. Estes traduzem-se em (Stellantis, 2023):

- Foco no Cliente, sendo o cliente o centro de todas as suas operações.
- Crescimento coletivo, sendo que o crescimento do grupo em questão é apenas obtido com a participação de todos.
- Agilidade e Inovação, sendo valores que impulsionam o crescimento e prosperidade da Stellantis.
- Preocupação pelo Futuro, existindo um compromisso por parte da Stellantis para contribuir para uma mudança positiva que traga benefícios para toda as comunidades e para o nosso planeta.

3.3 Análise Setorial

A empresa faz parte do setor de atividade da indústria automóvel. Em relação à Classificação da Atividade Económica, Rev-3 (CAE), é de referir a seguinte desagregação:

CAE: C- Indústrias Transformadoras

29- Fabricação de veículos automóveis, reboques, semirreboques e componentes para veículos automóveis

29100- Fabricação de veículos automóveis

Analisando os Cadernos Setoriais da Direção-Geral das Atividades Económicas (DGAE), conclui-se que o setor automóvel português apresenta um peso significativo na economia. Este setor liderava, em 2020, as exportações nacionais da indústria onde se insere e apresenta uma contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) de 3,8%, tendo 82,8% do seu valor de produção destino além-fronteiras (Direção Geral das Atividades Económicas, 2023).

De acordo com o BPstat (2022) e a análise realizada sobre o setor automóvel em Portugal, este engloba cerca de 17 459 empresas, apresentando cerca de 29 447 milhões de euros em volume de negócios e empregando cerca de 123 837 pessoas. Das 17.459 empresas que representam o setor automóvel, apenas 2,84% estão associadas à fabricação automóvel, contribuindo com cerca de 33,86% do volume de negócios e empregando cerca de 34,01% dos trabalhadores do setor automóvel.

3.4 Caracterização do Processo Produtivo

O processo produtivo da empresa Stellantis, Mangualde consiste em 4 processos: Ferragem, Pintura, Montagem e *Bout d'Usine*.

3.4.1 Ferragem

O processo de fabrico de um automóvel inicia-se com o processo da Ferragem, que consiste na união das diferentes peças através da soldadura por resistência. Estas peças são unidas através de calibres pneumáticos que possuem diferentes tamanhos e complexidades e encontram-se distribuídos por diferentes linhas de produção (PSA Groupe, 2022).

Após esta junção, os conjuntos seguem para uma linha de produção principal onde o *chassis* começa a ganhar a sua forma através da soldadura realizada com pinças electropneumáticas (PSA Groupe, 2022).

3.4.2 Pintura

Após a formação do chassis do carro, é executada a pintura. Esta define-se como uma sucessão de operações que dão a capacidade ao veículo de corresponder às exigências de resistência às agressões do meio exterior, como reações mecânicas ou químicas, tal como conferir-lhe impermeabilidade e assegurar a estética (PSA Groupe, 2022).

Durante o processo da pintura, o chassis é submetido a um tratamento de superfície para conferir limpeza, desengorduramento e a capacidade de anti corrosão e de aderência à pintura da chapa. Depois passa ao subprocesso designado por Cataforese que consiste na aplicação da primeira camada de tinta através de eletrodeposição. A Cataforese tem como objetivo conferir anti corrosão da chapa (PSA Groupe, 2022).

Seguidamente, passa-se ao subprocesso da Estanquicidade, onde é aplicado mástique no chassis a fim de impermeabilizar o veículo à água e o proteger contra o ruído e o ar. Após a Estanquicidade, é aplicada uma segunda camada de tinta que serve de base para a aplicação da tinta posterior e promove o aumento da capacidade de aderência (PSA Groupe, 2022).

Por fim é aplicada a tinta da cor requerida pela ordem de produção e verniz para conferir brilho e resistência química e mecânica à chapa, protegendo-a também dos riscos (PSA Groupe, 2022).

3.4.3 Montagem

Após o processo de Pintura, o chassis segue para o processo da Montagem. Neste processo são montadas em cada carro cerca de 2050 peças e apertados cerca de 600 parafusos e porcas (PSA Groupe, 2022).

Dividindo-se em vários subprocessos, são montados todos os componentes do carro seguindo uma ordem sistemática, em que as peças iniciais a serem montadas são o *tablier* e a parte interior, seguidamente o encaixe do motor, caixa de velocidades e cablagens associadas (sendo este subconjunto produzido numa linha localizada num nível abaixo da linha de montagem). Após o encaixe são montados outros componentes, como os faróis e realizadas algumas ligações. Seguidamente, são colocadas as rodas, feitas as ligações elétricas e encaixe de assentos e portas da frente (sendo estas também produzidas noutra linha e depois montadas no carro). Por fim é efetuada a configuração ao sistema. O organigrama do departamento da Montagem é apresentado na figura 6.

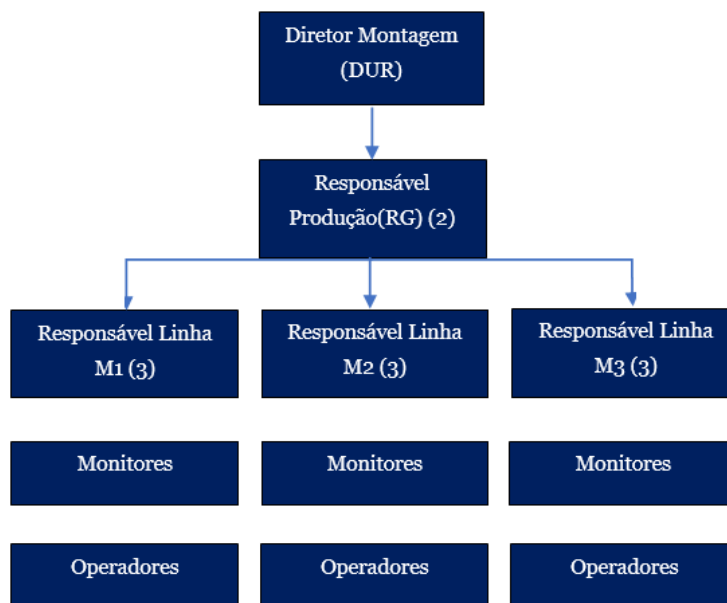


Figura 6- Organigrama do Departamento da Montagem

3.4.4 Bout d'Usine

Após a finalização da montagem, o veículo é entregue ao departamento de Qualidade para confirmar todos os parâmetros de qualidade estabelecidos através da realização de testes. O veículo entra na zona de *Bout d'Usine* onde são realizados diversos testes mecânicos e elétricos para conferir características requeridas e aspeto.

Após a realização de todos os testes, é avaliada a conformidade do produto. Se o produto não estiver conforme ele é enviado novamente para a linha de montagem. Se se verificar a

conformidade do produto, ele segue para a logística onde posteriormente é enviado para o seu designado destino.

3.5 Stellantis *Production Way* (SPW)

O grupo Stellantis desenvolveu um sistema de produção global integrado, o SPW. Este consiste em trabalhar da forma mais eficiente, focalizados na obtenção de resultados ao maior nível mundial tal como a segurança dos seus colaboradores, no desenvolvimento humano e na sustentabilidade ambiental.

O SPW apresenta como objetivo alcançar o mais alto nível de *performance* a fim de produzir e fornecer veículos de elevada qualidade aos seus clientes (Stellantis, Mangualde 2023). Este sistema foi precedido por o *World Class Manufacturing* (WCM) e o *PSA Excellence System* (PES), sistemas previamente integrados e estruturados no grupo. A figura 78 representa os objetivos do sistema de produção global integrado do grupo Stellantis, sendo estes a redução de desperdícios, a produção com qualidade e valor para o cliente, a melhoria contínua dos processos e a constante preocupação pela saúde e segurança dos trabalhadores.



Figura 7- SPW (Stellantis, Mangualde 2023)

3.6 Sistema de *Picking* da Empresa Stellantis, Mangualde

Na linha de montagem são montadas cerca de 2.050 peças e apertados cerca de 600 parafusos em cada carro. Esta quantidade significativa de peças implica uma gestão da logística mais complexa e elaborada. Como cada carro é equipado com um número significativo de componentes e cada um deles têm componentes específicos (podem variar consoante a marca

do carro), a Stellantis, Mangualde criou um sistema que engloba oito zonas de *picking*. Cada zona de *picking* é específica para uma determinada zona (cada zona corresponde a um número de postos de trabalho) nas linhas de montagem. Ou seja, cada peça a ser montada no carro tem o seu devido momento de colocação e localização na linha de produção.

O sistema engloba a linha de produção principal e as sublinhas que produzem componentes que mais tarde se juntam à linha principal para serem agregadas ao carro, como por exemplo a linha de montagem das portas laterais que depois são agregadas no carro no início da linha. Existem sete linhas perto da zona de montagem principal e uma linha perto da zona de montagem do motor, situada um nível abaixo da linha de produção principal.

O sistema *picking* da empresa é classificado como um sistema “*parts-to-picker*” digitalizado e sistematizado com a utilização de um ou dois carrinhos em cada atividade, composto por um ou mais *kits*, cuja sua função é transportar todas as peças associadas a uma ou mais ordens de *picking*. As ordens de *picking* são emitidas quando o chassis do carro sai da fase da pintura e entra na fase de montagem. Estas são automaticamente impressas nas impressoras das diferentes zonas de *picking*. Após serem impressas, o operador realiza a entrada da ordem no sistema, através da sua leitura do código de barras, para iniciar a sua atividade. Esta atividade é executada com o auxílio da tecnologia *pick-to-light*, que acende uma luz no local da peça requisitada. O sistema também é composto por indicadores digitais que indicam a quantidade de peças a recolher. O operador pode dar entrada de várias ordens ao mesmo tempo, visto que estas são organizadas no sistema de forma a formarem uma sequência, proibindo de serem iniciadas duas ou mais atividades *picking* ao mesmo tempo. As peças, após recolhidas, são colocadas nos carrinhos compartimentados de maneira que cada compartimento corresponde à localização de um determinado tipo de peças. Quando a ordem de *picking* é completa, o carrinho é movimentado através de um Automated Guided Vehicle (AGV) para o seu devido destino. O caminho de cada carrinho está previamente delineado para permitir que o AGV leve o carrinho ao seu destino específico. No destino, são removidas as peças recolhidas e são aplicadas no carro. Após a remoção de todas as peças do carrinho, este é novamente movimentado por um AGV que o leva ao seu ponto de origem para ser utilizado na ordem de *picking* seguinte. Algumas linhas dentro do sistema *picking* contém peças que necessitam de montagem ou preparação prévia.

Cada zona de *picking* têm um subsistema próprio. Ou seja, consoante as zonas de *picking*, vão se alterando o tipo de carrinho e os seus compartimentos, o número de carrinhos por atividade, o sistema *pick-to-light* e os indicadores digitais. É de referir que os nomes atribuídos a cada linha de *picking* são referentes à zona na linha de montagem a que estão associadas.

As linhas de *picking* são:

- Zona *Picking* PAV (Preparação portas da frente);
- Zona *Picking* PLC (Preparação portas laterais);
- Zona *Picking* HC (Preparação caixa);
- Zona *Picking* MVA (Montagem veículo);
- Zona *Picking* MVM (Posto 14-19) (Montagem veículos mecânica);
- Zona *Picking* MVM (Posto 2-11) (Montagem veículos mecânica);
- Zona *Picking* PQB (Preparação Quadros de Bordo);
- Zona *Picking* Preparação Motores.

3.6.1 Zona *Picking* PAV

A zona em questão funciona com um operador. O operador realiza a atividade *picking* que se encontra dividida em quatro fases, ou seja, o operador tem de completar e concluir a primeira fase para conseguir executar a segunda. Este sistema de fases é representado pelo sistema *pick-to-light* em que apenas são visíveis as luzes que correspondem à recolha de peças na segunda fase se todas as peças da primeira fase forem recolhidas. Para tal execução, existe um botão no fim de cada fase cujo seu indicador digital transmite o número de peças que ainda faltam recolher dentro desta. Apenas quando o indicador apresentar que já não existem peças para recolher nessa fase, é que o operador pode clicar no botão para se acenderem as luzes correspondentes e dar início à recolha de peças da fase seguinte.

A zona realiza a atividade com um carrinho. Cada carrinho é composto por dois *kits* sendo que cada um corresponde a uma porta da frente. Sabendo que todos os carros possuem duas portas da frente, cada carrinho da atividade de *picking* corresponde a um carro. Quando o primeiro carrinho completa a primeira fase, esta fica disponível para o carrinho seguinte, alterando a cor da luz do *picking* para facilitar a distinção das fases de cada carrinho. O sistema *pick-to-light* apresenta uma luz fixa no local onde se encontra a peça a recolher cujo indicador digital indica a quantidade da peça precisa para o *kit* esquerdo e a quantidade da peça precisa para o *kit* direito. A figura seguinte representa o *layout* da zona de *picking* em questão. A zona é composta por um corredor com estantes em cada lado em que o operador e o carrinho movimenta-se no meio das mesmas, a fim de realizar a recolha de todas as peças necessárias para a atividade de *picking*. As atividades iniciam-se e finalizam-se em zonas designadas. Na figura 8 é possível visualizar o *layout* da zona de *picking* em questão.

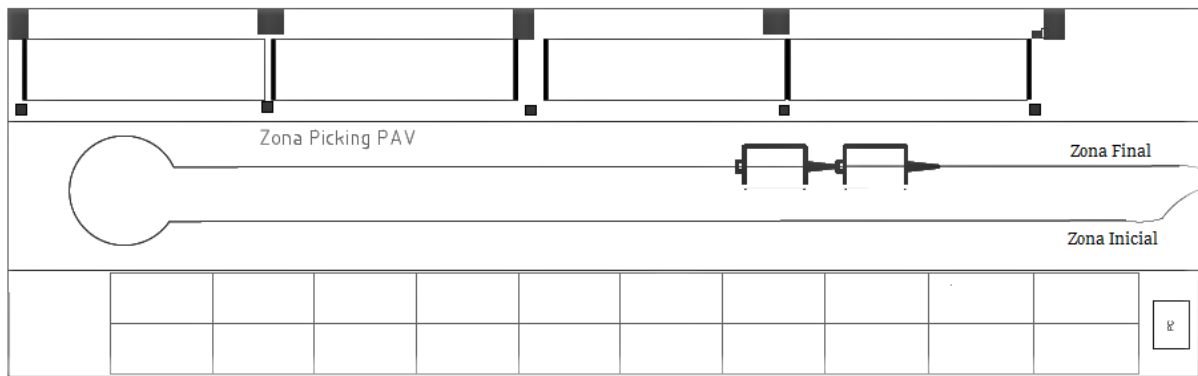


Figura 8- Layout zona Picking PAV

3.6.2 Zona Picking PLC

A zona *picking* PLC funciona com um operador. O operador realiza a atividade *picking* que se encontra igualmente dividida em quatro fases, que seguem o mesmo método que a linha descrita anteriormente. Cada atividade de *picking* é realizada com um carrinho. Cada carrinho contém dois *kits* representados pelas letras A e B respectivamente, sendo que cada kit possui as peças necessárias para a montagem de uma porta lateral. O sistema *pick-to-light* apresenta uma luz fixa no local onde a peça a recolher se situa, cujo indicador digital indica a quantidade de peças a colocar no *kit* A e a quantidade de peças a colocar no *kit* B. A zona não possui de peças que necessitam de montagem ou de preparação prévia. Tal como a zona de *picking* PAV, a zona de *picking* PLC é composta por um corredor com estantes em cada lado e o operador desloca-se com o carrinho no meio das mesmas iniciando e finalizando as suas atividades em zonas designadas. Na figura 9 apresenta-se o layout da zona em questão.

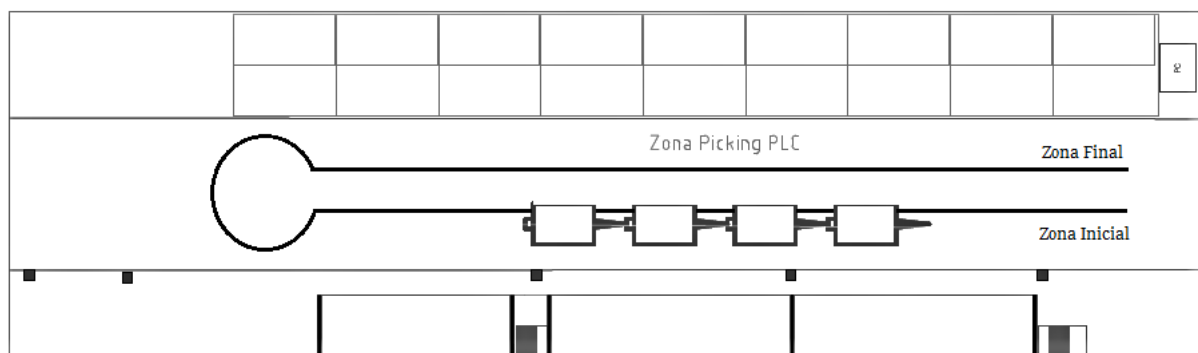


Figura 9- Layout zona Picking PLC

3.6.3 Linha Picking HC

A zona *picking* HC é dividida em duas sublinhas, associadas ao lado esquerdo e ao lado direito. Na zona trabalham três operadores. Um operador realiza o *picking* na linha do lado direito, outro operador realiza o *picking* na linha do lado esquerdo e o terceiro operador realiza a fase inicial da linha do lado direito e a fase final da linha do lado esquerdo.

Na linha do lado direito, a atividade de picking é composta por quatro fases e inicia-se com um carrinho composto por um *kit*, sendo que cada kit possui as peças necessárias para a produção de um carro. Na linha do lado esquerdo, a atividade de *picking* é composta por cinco fases. Cada fase tem de ser concluída pelo primeiro carrinho para o segundo conseguir executá-las. Cada carrinho é composto por um *kit*. A figura 10 representa a zona de *picking* em questão, sendo que dentro desta zona realizam-se duas atividades de *picking* em simultâneo, em sentido contrário, que se iniciam e finalizam em zonas designadas que estão representadas na figura 10.

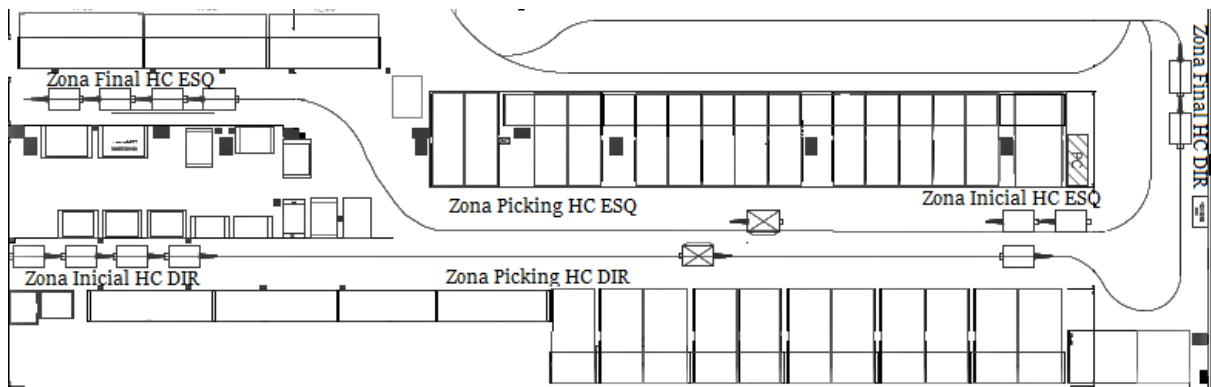


Figura 10- Layout zona Picking HC

3.6.4 Zona Picking MVA

A zona em questão é composta por 2 operadores. Cada operador inicia a sua atividade com um carrinho composto por um *kit*, sendo que cada um possui as peças necessárias para a produção de um carro. A atividade *picking* é composta por seis fases. A última fase varia consoante a ordem de *picking* pois pode ser executada ou não. Cada fase tem de ser concluída pelo primeiro carrinho para o segundo conseguir executá-las. O sistema *pick-to-light* apresenta uma luz fixa que varia de cor para facilitar a identificação da fase de cada carrinho. A figura 11 representa o *layout* da zona de *picking* em questão, sendo esta composta por um corredor com estantes de cada lado e o operador desloca-se com o carrinho no meio das mesmas a fim de realizar as suas atividades sendo que estas se iniciam e finalizam em zonas designadas e representadas na figura 11.

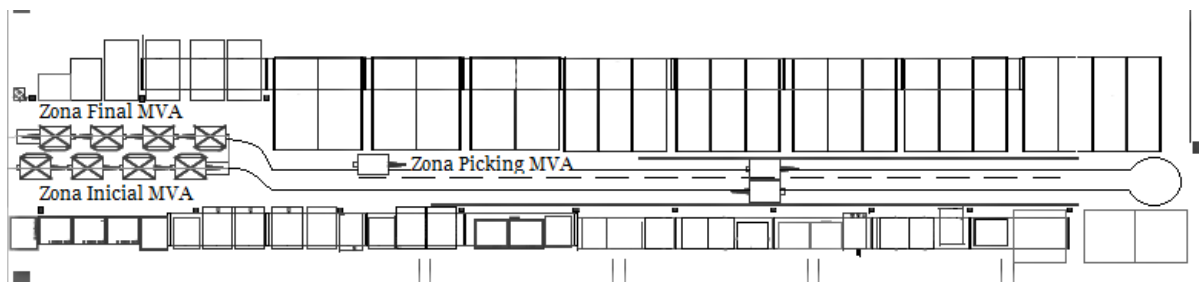


Figura 11- Layout zona Picking MVA

3.6.5 Zona Picking MVM (posto 14-19)

A zona *picking* MVM dos postos 14 ao 19, é dividida em duas linhas, que traduzem a recolha de peças para o lado direito e a recolha de peças para o lado esquerdo do carro. O lado direito da zona MVM 14-19 abrange mais postos de trabalho na linha de montagem. Por sua vez, o lado esquerdo abrange menos postos. Então, o lado direito trabalha sempre com mais um *kit*, trabalhando a um ritmo mais rápido de maneira a enviar o carrinho com as peças do lado direito mais cedo, para chegar ao posto de trabalho onde tem de se encontrar com o carrinho das peças do lado esquerdo ao mesmo tempo. A Linha MVM 14-19 funciona com dois operadores. Um para cada linha (lado esquerdo e lado direito).

A linha onde se realiza a atividade de recolha de peças para o lado esquerdo funciona com um operador, que realiza a atividade de *picking* com dois carrinhos: o carrinho A e o carrinho B. Cada carrinho é composto por um kit que possui as peças necessárias para a produção de um carro. Esta linha funciona com um sistema *pick-to-light* que apresenta uma luz fixa e que os indicadores digitais indicam a quantidade de peças que devem ser recolhidas para o carrinho A e para o carrinho B. A atividade de *picking* nesta linha encontra-se dividida em duas fases.

A linha onde se realiza a atividade de recolha de peças para o lado direito funciona também com um operador, que realiza a atividade de *picking* com dois carrinhos: o carrinho A e o carrinho B. Cada carrinho é também composto por um kit que possui as peças necessárias para a produção de um carro. Esta linha funciona com o mesmo sistema *pick-to-light* e o mesmo tipo de indicadores digitais. A atividade do *picking* nesta linha encontra-se dividida em três fases. A figura seguinte representa o *layout* da zona em questão sendo que esta é composta por um corredor onde se realizam duas atividades de *picking* em simultâneo sendo que estas se iniciam nas zonas iniciais respetivas e finalizam nas zonas finais.

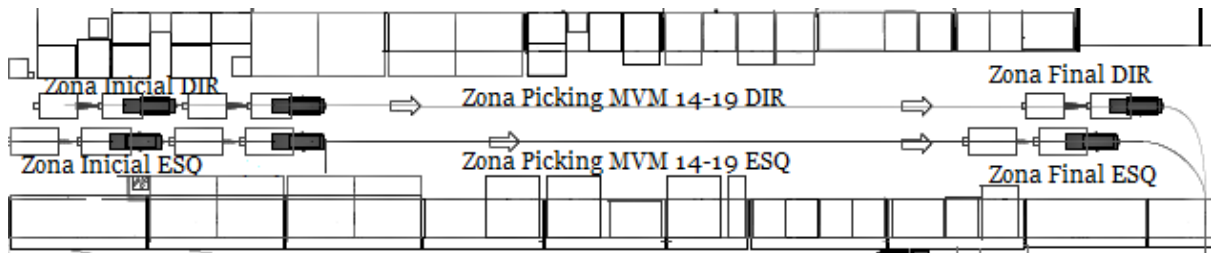


Figura 12- Zona Picking MVM (14-19)

3.6.6 Zona Picking MVM (posto 2-11)

A zona de *picking* MVM que abrange os postos de trabalho do 2 ao 11, funciona com um operador. O operador inicia a sua atividade com um carrinho que é composto por um *kit*. A atividade de *picking* nesta zona encontra-se dividida em cinco fases. O carrinho seguinte só pode iniciar uma fase quando esta estiver concluída pelo primeiro carrinho. A zona apresenta um sistema *pick-to-light* que apresenta uma luz fixa no local onde a peça a recolher se encontra e os indicadores digitais identificam a quantidade necessária da peça a recolher. A figura 13 representa o *layout* da zona de *picking* em questão, sendo que esta é composta por um corredor com estantes de cada lado e o operador desloca-se com o carrinho no meio das mesmas a fim de realizar as suas atividades.

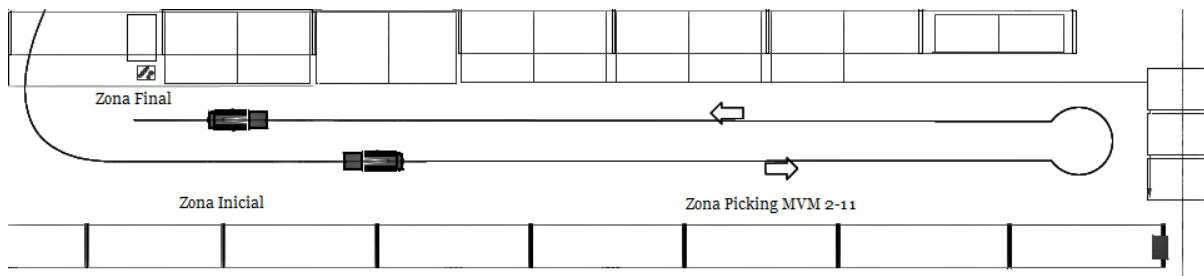


Figura 13- Layout zona Picking MVM (2-11)

3.6.7 Zona Picking PQB

Esta zona de *picking* funciona com um operador. O operador realiza a atividade de recolha de peças que se encontra dividida em três fases. A atividade é iniciada com um carrinho que contém dois *kits*, sendo que cada kit possui as peças necessárias para a produção de um carro. O sistema *pick-to-light* pode apresentar uma luz fixa ou uma luz intermitente. Quando a luz está intermitente significa que a peça requerida é para ser recolhida para os dois *kits*. Quando a luz está fixa, significa que a peça só é requerida num *kit*. Os indicadores digitais indicam a quantidade da peça necessária e para que *kit* são destinadas. A figura 14 representa o *layout* da zona de *picking* em questão, sendo esta composta por um corredor com estantes de cada

lado e o operador desloca-se com o carrinho no meio das mesmas a fim de realizar as suas atividades, iniciando as mesmas sempre na zona inicial e finalizando-as na zona final.



Figura 14- Layout zona Picking PQB

3.6.8 Zona Picking de Preparação do Motor

Na zona de preparação do motor, trabalha um operador. O operador inicia a sua atividade dividida em duas fases, com um carrinho compartimentado. O carrinho percorre a zona para realizar a primeira fase. A primeira fase consiste na recolha de peças no lado esquerdo do corredor. Após a sua conclusão, o operador percorre com o carrinho a direção contrária para executar a recolha de peças no lado direito, realizando assim a segunda fase. O sistema *pick-to-light* da zona em questão apresenta uma luz fixa e o indicador digital revela a quantidade de peças a recolher.

Capítulo 4

Caso Prático

Neste capítulo é apresentada uma caracterização das atividades executadas no sistema de *picking* da empresa Stellantis, Mangualde, em todas as suas zonas. Após a caracterização das atividades, é apresentado o levantamento de problemas que foram identificados nas atividades do sistema em questão.

Seguidamente, são apresentadas as propostas de melhoria e realizado um estudo da eficácia das mesmas visando sempre a otimização do sistema de *picking*.

Numa fase inicial do estágio foi realizado o acolhimento da estagiária na empresa, com a disponibilização de conhecimento sobre a mesma, bem como sobre o grupo em que a empresa se insere. Seguidamente, a estagiária foi destacada para o setor da montagem onde obteve conhecimentos sobre o processo do mesmo, tal como as atividades associadas. Após uma análise geral das atividades associadas ao setor da montagem, foi então realizada uma caracterização das atividades das oito zonas que compõem o sistema de *picking*. Ao realizar o levantamento de problemas e as propostas de melhoria, foram apenas consideradas sete das oito zonas do sistema visto serem zonas de *picking* onde se realizam atividades que envolvem um maior número de peças e que apresentam um maior grau de prioridade a nível de implementação de melhorias.

4.1.1 Caracterização das Atividades e Problemas Observados

Independentemente das diferenças entre as várias zonas de *picking*, as atividades realizadas em cada zona baseiam-se em:

- *Scan* das ordens de *picking*;
- Execução da recolha de peças de cada fase;
- Conclusão da atividade com o clique de botão de fecho da última fase, posicionamento do carrinho na zona final, a fim da realização do transporte do mesmo pelo AGV e *scan* da ordem de *picking* seguinte.

Após a realização da caracterização das atividades, foi observada a variabilidade que ocorre dentro de uma atividade de *picking*, devido à diferença que existe entre a produção de carros familiares e de carros comerciais, assim como diferença de peças que existe entre os carros das diferentes marcas. Os carros familiares são compostos por mais peças do que os carros comerciais e as peças podem variar consoante a marca do carro, como por exemplo o tipo de

rádio, o tipo de *airbag*, o tipo de volante, entre outros. Também, dentro dos modelos comerciais, podem mudar diversas características, o que altera também a quantidade de peças, verificando-se o mesmo nos modelos familiares.

Em cada zona foram identificadas duas atividades de desperdício de tempo na execução das atividades de *picking*, que se apresentam como:

- Movimentação de caixas vazias, isto é, quando ocorre a recolha de todas as peças de uma determinada caixa, esta é transportada para o topo da estante, a fim de ser recolhida pela logística;
- Deslocações para separação correta de resíduos, sendo as embalagens de plástico os resíduos que mais provocam deslocações durante as atividades em questão.

Foi também observado que nas zonas que compõem o sistema de *picking*, existe uma quantidade significativa de resíduos que são depositados ao longo de cada zona, em diversos locais. Os resíduos produzidos pelo sistema de *picking* consistem em papel, cartão e plástico.

A recolha dos resíduos de toda a fábrica é realizada apenas por um funcionário por turno. Num turno de oito horas, o funcionário que realiza a recolha dos resíduos percorre todos os setores da fábrica, iniciando-se no setor da logística e terminando no mesmo, recolhendo assim dos resíduos do sistema de *picking* duas vezes em cada turno. O ciclo atual gera uma grande quantidade dos resíduos para recolher nas zonas em questão.

Nas zonas do sistema de *picking* existem contentores para os resíduos. Estes estão, de uma forma geral, situados no fim de cada fase da atividade em questão. Quando não existe a quantidade certa de contentores de resíduos numa zona do *picking*, os operadores, de maneira a não perderem tempo a realizarem as deslocações demasiado longas para a separação correta dos resíduos, abandonam os mesmos em sítios indevidos como nas caixas de peças vazias, nas estantes ou mesmo no chão. Estes resíduos não são recolhidos pela equipa responsável e podem, ou não, ser recolhidos pela logística quando ocorre a troca das caixas vazias pelas caixas completas com peças a recolher. Quando não são recolhidos por ninguém, são abandonados nas zonas do *picking*, gerando uma acumulação de resíduos no local do trabalho.

O *layout* do sistema é composto por zonas de corredores estreitos, desenhados de forma que o carrinho seja movimentado pelo operador, e que o mesmo consiga recolher todas as peças necessárias de cada ordem de *picking*. Sendo os corredores estreitos, a presença de múltiplos caixotes com resíduos ao longo da linha torna-se um obstáculo às atividades de *picking*.

Com o estudo de todos os fatores descritos anteriormente, torna-se necessário melhorar o método de separação e de recolha de resíduos nas zonas de *picking* a fim de:

- Diminuir tempos de atividade e otimizar a *performance* dos operadores, podendo assim aumentar o nível de abastecimento de materiais na linha e aumentar a taxa de produtividade na mesma.
- Melhorar condições do posto de trabalho.
- Diminuir os tempos de ciclo da equipa de recolha de resíduos e otimizar as suas atividades.
- Otimizar o *layout* de cada zona de *picking* que compõe o sistema.

4.2 Apresentação de Propostas de Melhoria

A fim de se conseguir atingir todos os objetivos estabelecidos no parágrafo anterior, foram analisados três sistemas para uma melhor separação e recolha dos resíduos gerados pelas zonas de *picking*:

- Sistema de aspiração de plástico implementado na fábrica Stellantis, Vigo.
- Sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de *picking*.
- Sistema de aspiração centralizado.

Estes sistemas foram analisados e comparados quanto à diminuição do tempo de deslocação para separação correta dos resíduos durante a atividade de *picking*, na melhoria de condições de trabalho, na diminuição dos tempos de ciclo da equipa de recolha de resíduos e na otimização do *layout* do sistema em questão.

A fim de analisar a influência dos sistemas na produtividade do operador, foram determinados os tempos médios das atividades de cada zona de *picking*. Como foi referido, as atividades de *picking* possuem uma variabilidade consoante o tipo de carro associado à sua ordem de produção. Para a realização deste relatório foram consideradas dois tipos de atividades de *picking*: as atividades referentes à produção de carros comerciais com uma porta lateral e as atividades referentes à produção de carros familiares com duas portas laterais, sendo estas as principais atividades de *picking* realizadas na empresa Stellantis, Mangualde. Para a determinação dos tempos das atividades de *picking* referentes à produção de carros comerciais com uma porta lateral, foram realizadas medições de tempo. Nestas medições, foi apenas contabilizada e medida uma atividade de valor não acrescentado, sendo esta a deslocação para a correta separação dos resíduos.

Foram realizadas quatro medições de tempo de cada atividade em cada turno de trabalho. Por turno, foi calculada uma média das quatro medições realizadas e por fim, foi calculada uma média dos três turnos. Os resultados apresentam-se na tabela 1.

Tabela 1- Tempo atual das atividades de *picking* correspondentes à produção de um carro comercial

| ZONAS PICKING | TEMPO ATUAL PICKING COMERCIAL MÉDIA 3 TURNOS |
|----------------------------|---|
| Zona Picking PAV | 03:06,7 |
| Zona Picking PLC | 02:26,5 |
| Zona Picking MVM 2-11 | 04:44,3 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 02:57,2 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 03:50,1 |
| Zona Picking PQB | 04:34,2 |
| Zona Picking MVA | 04:51,5 |
| Zona Picking HC ESQ | 04:08,7 |
| Zona Picking HC DIR | 03:51,9 |

Os resultados apresentados na tabela 1 representam uma média dos três turnos das atividades de *picking* referentes à produção de um carro comercial com uma porta lateral realizadas em cada zona de *picking* apresentada. Após os resultados obtidos, foi realizada uma contagem das peças que são recolhidas durante as atividades em questão, nas zonas apresentadas na tabela 1. Ao realizar a contagem das peças, foi possível determinar o tempo de recolha por peça, dividindo os tempos determinados e apresentados na tabela 1, pelo número obtido de peças recolhidas durante as atividades de *picking* referentes à produção de carros comerciais com uma porta lateral. Os resultados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2- Tempo de recolha por peça por zona de *picking*

| ZONAS PICKING | MÉDIA 3 TURNOS (COMERCIAL) | Nº PEÇAS COMERCIAIS POR KIT | TEMPO POR PEÇA |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Zona Picking PAV | 03:06,7 | 22 | 00:04,2 |
| Zona Picking PLC | 02:26,5 | 17 | 00:04,3 |
| Zona Picking MVM 2-11 | 04:44,3 | 41 | 00:06,9 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 02:57,2 | 12 | 00:07,4 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 03:50,1 | 19 | 00:06,1 |
| Zona Picking PQB | 04:34,2 | 35 | 00:03,9 |
| Zona Picking MVA | 04:51,5 | 54 | 00:05,4 |
| Zona Picking HC ESQ | 04:08,7 | 59 | 00:04,2 |
| Zona Picking HC DIR | 03:51,9 | 63 | 00:03,7 |

Depois de ser determinado o tempo de recolha por peça, foram contabilizadas o número de peças que são recolhidas nas atividades de *picking* referentes à produção de carros familiares com duas portas laterais. Esta contagem foi realizada a fim de determinar o tempo das atividades de *picking* referentes à produção de carros familiares com duas portas laterais realizadas em cada zona de *picking*. Os resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3- Tempo atual das atividades de *picking* de carros familiares

| ZONAS PICKING | TEMPO POR PEÇA | Nº PEÇAS FAMILIARES POR KIT | TEMPO ATUAL PICKING FAMILIARES OBTIDO |
|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|--|
| Zona Picking PAV | 00:04,2 | 22 | 03:06,7 |
| Zona Picking PLC | 00:04,3 | 37 | 05:18,9 |
| Zona Picking MVM 2-11 | 00:06,9 | 41 | 04:44,3 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 00:07,4 | 16 | 03:56,2 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 00:06,1 | 25 | 05:02,7 |
| Zona Picking PQB | 00:03,9 | 35 | 04:34,2 |
| Zona Picking MVA | 00:05,4 | 65 | 05:50,9 |
| Zona Picking HC ESQ | 00:04,2 | 81 | 05:41,5 |
| Zona Picking HC DIR | 00:03,7 | 77 | 04:43,5 |

Após as medições das atividades de *picking*, foi iniciado um estudo sobre os resíduos que as atividades de *picking* geram em cada zona, tal como o seu tempo de recolha. Para conseguir analisar a influência de cada sistema nos tempos de ciclo da recolha dos resíduos, foi determinado o tempo que o operador de cada turno demora a realizar a recolha dos resíduos no sistema de *picking*. Este tempo engloba a limpeza de sete das oito zonas de *picking*.

Para a determinação do tempo de recolha de resíduos, foi realizada uma contagem de todos os contentores de resíduos presentes nas zonas em questão. Os tipos de contentores existentes estão apresentados na figura 15.



Figura 15- Tipos de contentores de resíduos

Os resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4- Contentores existentes nas zonas de *picking*

| Zonas <i>Picking</i> | Cont. Resíduos Geral | Cont. Plástico Rígido | Cont. Embalagens Plástico | Cont. Cartão | Cont. Papel (48x48 cm) | Cont. Placas Plásticas | Cont. Resíduos Alimentação | Cont. Cartão Grande | Cont. papel (42x18 cm) |
|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|
| HC DIR | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| HC ESQ | 5 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| MVM DIR | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| MVM ESQ | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| MVA | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| MVM 2-11 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| PLC | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| PAV | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| PQB | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL= 69 | 8 | 1 | 35 | 5 | 2 | 1 | 3 | 5 | 9 |
| % | 11,59% | 1,45% | 50,72% | 7,25% | 2,90% | 1,45% | 4,35% | 7,25% | 13,04% |

Como é possível observar na tabela 4, existem atualmente 69 contentores de resíduos nas zonas do *picking*, sendo 35 contentores de embalagens de plástico, traduzindo-se em cerca de 50,72% dos resíduos gerados pelo sistema de *picking*.

A fim de facilitar a medição de tempos de deslocação para a recolha dos resíduos em cada zona de *picking*, foi elaborado um mapa dos contentores presentes nas zonas do *picking* estudadas, o qual pode ser analisado na figura 16.



Figura 16- Mapa atual dos contentores de resíduos das zonas de *picking*

É de salientar que, apesar do número elevado de contentores presente no sistema em questão, continua a ocorrer a existência de resíduos em locais não assinalados, que não são designados para a colocação de resíduos. A fim de erradicar a presença de resíduos em locais indevidos, foi realizado um estudo sobre os tipos de resíduos que existem em cada zona de *picking*, a fim de determinar o tipo de contentores necessários para as zonas em questão. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela 5.

Tabela 5- Tipos de resíduos existentes em cada zona de *picking*

| ZONAS PICKING/ RESÍDUOS EXISTENTES | PAPEL | CARTÃO | PLÁSTICO | PLÁSTICO RÍGIDO |
|---|--------------|---------------|-----------------|------------------------|
| <i>Zona Picking PAV</i> | X | X | X | X |
| <i>Zona Picking PLC</i> | X | X | X | X |
| <i>Zona Picking MVM 2-11</i> | | X | X | |
| <i>Zona Picking MVM 14-19 ESQ</i> | | X | X | |
| <i>Zona Picking MVM 14-19 DIR</i> | | X | X | X |
| <i>Zona Picking PQB</i> | | X | X | X |
| <i>Zona Picking MVA</i> | | X | X | X |
| <i>Zona Picking HC ESQ</i> | | X | X | X |
| <i>Zona Picking HC DIR</i> | X | X | X | X |

Para executar a medição do tempo de recolha dos resíduos no sistema, de forma mais precisa, foi definida uma classificação dos tipos de contentores existentes.

Os contentores com 42 centímetros de comprimento por 18 centímetros de largura, utilizam sacos pequenos com a capacidade de conter cerca de 2 quilos de resíduos. Por sua vez, os contentores com 54 centímetros de comprimento por 48 centímetros de largura, utilizam sacos grandes com a capacidade de conter cerca de 4 a 5 quilos de resíduos. Assim, foram medidos os tempos de recolha para cada tipo de saco.

As placas plásticas, embora sejam colocadas num contentor de 54 centímetros de comprimento por 48 centímetros de largura, são recolhidas sem a remoção do saco do contentor, e colocadas dentro do carrinho dos resíduos. Essa recolha foi medida, tal como a recolha dos contentores de cartão. Por fim, foi também medida a recolha dos cartões grandes que, por possuírem maiores dimensões e maior peso, são classificados como os resíduos que possuem mais tempo de recolha.

Os tempos de recolha medidos para cada tipo de contentor de resíduos existente nas zonas de *picking* são apresentados na tabela 6.

Tabela 6- Tempos de recolha dos contentores de resíduos

| | |
|---|----------|
| Tempo recolha cartão grande | 00:00:30 |
| Tempo recolha saco grande | 00:00:25 |
| Tempo recolha saco pequeno | 00:00:20 |
| Tempo recolha cartão e placas plásticas | 0:00:10 |

Após a medição dos tempos de recolha dos tipos de contentores de resíduos identificados, foi realizada uma análise do tempo de recolha em cada zona de *picking*, tal como uma medição dos tempos de deslocação realizada para a recolha de todos os contentores.

Os resultados da análise do tempo de recolha de resíduos e do tempo de deslocação em cada zona de *picking* são apresentados na tabela 7. A medição dos tempos de deslocação foi calculada através da utilização do percurso lógico do funcionário que efetua a recolha do lixo em cada zona. O percurso do funcionário em questão inicia-se sempre numa das pontas das zonas de *picking*, nunca se iniciando a meio dos corredores. O seu percurso em cada zona finaliza com a recolha do último contentor. Os tempos de deslocação entre zonas de *picking* não foram contabilizados.

Tabela 7- Tempo de recolha do lixo por zona de *picking*

| Tempos | Zona PAV | Zona PLC | Zona MVM 2-11 | Zona MVM 14-19 | Zona HC | Zona MVA | Zona PQB |
|-------------------------|----------|----------|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Tempo recolha | 00:02:00 | 00:01:50 | 00:01:45 | 00:06:20 | 00:06:20 | 00:04:40 | 00:01:00 |
| Tempo deslocação | 00:00:20 | 00:00:27 | 00:00:11 | 00:01:02 | 00:01:06 | 00:01:08 | 00:00:08 |
| TOTAL | 00:02:20 | 00:02:17 | 00:01:56 | 00:07:22 | 00:07:26 | 00:05:48 | 00:01:08 |

Com as medições realizadas, determinou-se que o tempo total da recolha de resíduos nas zonas de *picking* era 00:28:17 minutos.

4.2.1 Sistema de Aspiração de Plástico Implementado na Empresa Stellantis, Vigo

O sistema de aspiração de plástico implementado no sistema de *picking* da empresa Stellantis, Vigo é constituído por um sistema de tubagens de aspiração colocadas no fim de cada fase da atividade de cada zona. O sistema de aspiração é acionado através de um pedal localizado ao nível do chão.

Quando o operador realiza a atividade de *picking*, vai recolhendo as peças indicadas pelo sistema *pick-to-light*. Se as peças estiverem embaladas em plástico, o operador remove-o, desloca-se para a localização do tubo e pressiona o pedal para acionar o sistema de aspiração. O sistema aspira o plástico e transporta-o para o fim da zona de *picking*, despejando o plástico

para um saco específico. Na figura 17 apresenta-se um dos tubos de aspiração implementados e na figura 18 a zona final do corredor de *picking* em questão.



Figura 17- Tubo de aspiração



Figura 18- Zona de resíduos no final do corredor de *picking*

Este sistema faz com que haja uma concentração da zona de resíduos, diminuindo o tempo de deslocação para a recolha de lixo no sistema de *picking*, otimizando assim o tempo de ciclo do funcionário que executa a recolha dos resíduos de toda a fábrica.

No entanto, como os tubos de aspiração estão localizados no fim de cada fase, este sistema não elimina os tempos de deslocação para a separação correta de resíduos durante a atividade de *picking*. A definição de outra localização dos tubos para erradicar os tempos de deslocação torna-se também bastante complexa, devido à variabilidade que ocorre dentro das atividades de *picking*, causada pela diferença que existe entre a produção de carros familiares e carros comerciais, e entre as várias marcas. Ou seja, como existe essa variabilidade, a localização exata das peças embaladas em plástico que devem ser removidas durante as atividades de *picking* varia com a ordem de produção associada a cada atividade. No entanto, a localização dos tubos de aspiração pode também ser definida pelo estudo das fases onde é gerado mais plástico.

4.2.1.1 Simulação do sistema de aspiração de plástico implementado na empresa Stellantis, Vigo

Para a realização de uma simulação e análise dos benefícios do sistema de aspiração de plástico implementado na empresa Stellantis, foi realizado um estudo da localização ideal dos

contentores de embalagens de plástico e das entradas dos tubos de aspiração. Ao mesmo tempo, foi também realizada uma análise da localização ideal dos contentores de outros resíduos de maneira a eliminar a utilização de contentores de resíduos gerais e de erradicar a colocação dos resíduos em locais indevidos.

A fim, de se utilizar de forma mais eficiente o espaço das zonas de *picking*, é proposta a utilização de contentores de embalagens de plástico de 48 centímetros de comprimento por 48 centímetros de largura de modo a duplicar a capacidade de cada contentor de embalagens de plástico utilizado atualmente, e ocupar menos espaço do que os contentores de 54 centímetros de comprimento por 48 centímetros de largura. É também, proposto um contentor de placas plásticas com a mesma estrutura e dimensões dos contentores de cartão, a fim de serem afixados numa superfície vertical para ocuparem menos espaço. O dimensionamento ideal dos contentores de cartão e de placas plásticas a colocar nas zonas *picking* HC, MVA, MVM 2-11, MVM, 14-19 e PQB, deverá ser 40 centímetros de comprimento por 14 centímetros de largura.

Após a realização do estudo de todos estes fatores, foi realizada uma contabilização de todos os tipos de contentores necessários e apresentado um mapa dos contentores de resíduos das zonas do *picking*, assim como a localização das entradas dos tubos de aspiração, de maneira a simular o *layout* da implementação do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo. Na figura 19 apresenta-se um mapa com a quantidade e localização ideal de contentores de resíduos, tal como a localização ideal das entradas dos tubos de aspiração.



Figura 19- Mapa de contêntores dos resíduos das zonas do *picking* e entradas dos tubos do sistema de aspiração

Apesar do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo possuir tubos de aspiração no fim de cada fase das atividades de *picking*, não foi proposta a localização dos tubos no fim de todas as fases, devido a que, nem todas as fases de cada zona de *picking* possuem peças com a necessidade de remoção de embalagens de plástico. Também, nas zonas MVM 14-19 e MVA, foi proposta a localização dos tubos de aspiração na localização atual dos contêntores de embalagens de plástico a fim de não aumentar os tempos de deslocação para a correta separação de resíduos durante a atividade de *picking*. Assim, o estudo da localização ideal dos tubos de aspiração foi realizado consoante a determinação das áreas onde se encontram as peças que possuem mais embalagens de plástico.

Com a realização do mapa apresentado na figura 19, foi possível calcular o tempo de recolha de resíduos das zonas de *picking* em questão. As deslocações foram determinadas utilizando

o mesmo percurso lógico do funcionário da recolha dos resíduos. Os resultados são apresentados na tabela 8.

Tabela 8- Tempo de recolha de resíduos nas zonas de *picking* com a implementação do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo

| Tempos | Zona PAV | Zona PLC | Zona MVM 2-11 | Zona MVM 14-19 | Zona HC | Zona MVA | Zona PQB |
|---------------------|----------|----------|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Tempo de recolha | 00:02:15 | 00:02:30 | 00:01:45 | 00:05:15 | 00:05:30 | 00:04:05 | 00:00:55 |
| Tempo de deslocação | 00:00:20 | 00:00:18 | 00:00:08 | 00:00:44 | 00:00:53 | 00:00:39 | 00:00:08 |
| TOTAL | 00:02:35 | 00:02:48 | 00:01:45 | 00:05:59 | 00:06:23 | 00:04:44 | 00:01:03 |

Consoante os resultados apresentados, a simulação do tempo de recolha dos resíduos das zonas em questão origina um total de 25:17 minutos, representando uma diminuição de 10,60% do tempo de recolha dos resíduos atual.

Com a melhoria obtida, foi possível determinar o ganho obtido por dia. O resultado apresenta-se na tabela 9.

Tabela 9- Ganho obtido com a implementação do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo

| | Tempo de Recolha | Tempo por turno | Tempo por Dia | Ganho Obtido |
|--|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Sistema atual | 00:28:17 | 00:56:34 | 02:49:42 | 00:18:00 |
| Sistema de aspiração Stellantis, Vigo | 00:25:17 | 00:50:34 | 02:31:42 | |

4.2.2 Sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de *picking*

O sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de *picking* utiliza os princípios da ferramenta 5S, uma ferramenta *Lean* que consiste na organização do local de trabalho. A ferramenta em questão assenta em cinco princípios, sendo estes a seleção de ferramentas essenciais, organização das mesmas, limpeza do espaço envolvente, standardização da utilização das ferramentas selecionadas e dos processos envolventes e a contínua formação sobre as etapas previamente referidas. Com a utilização dos princípios da ferramenta em questão, o sistema de separação de resíduos amovível visa

melhorar as condições de trabalho nas zonas de *picking*, padronizando o processo de remoção e separação de resíduos gerados pelas atividades de *picking*.

Este sistema consiste na aquisição de caixas amovíveis com certas dimensões para a recolha das embalagens de plástico, de resíduos de cartão de pequenas dimensões e de resíduos de papel existentes em cada zona de *picking*. Estas caixas possuem uma ponta em forma de gancho, de modo a poderem ser encaixadas nos *kits* dos carrinhos que percorrem as zonas do *picking*. Os restantes tipos de resíduos não serão recolhidos e separados nos *kits* devido ao facto da sua recolha não ser necessária em todas as atividades de *picking*, de possuírem maiores dimensões e à dificuldade que se apresenta ao operador em movimentar diversas caixas vazias para a realização de cada atividade de *picking*.

Quando o operador realiza a atividade em questão, cada embalagem de plástico, cartão ou papel que é removida, é colocada na sua caixa designada, que se encontra agregada ao carrinho. As caixas são visualmente identificáveis sendo diferenciadas por cores, de maneira que cada cor corresponda a um tipo de resíduo. Quando a atividade é finalizada, o operador remove as caixas do carrinho e despeja o seu conteúdo para os respetivos contentores que se encontram no final de cada zona de *picking*. Os contentores devem ser colocados no final de cada zona de maneira a se encontrarem próximos da zona final da atividade de *picking*, a fim de erradicar os tempos de deslocação desnecessários.

Para dimensionar as caixas de resíduos de cartão foi realizado um estudo das dimensões máximas que este tipo de resíduo possui em cada zona. Os resultados apresentam-se na tabela 10.

Tabela 10- Dimensões máximas dos resíduos de cartão em cada zona de *picking*

| Cartão | Zona PAV | Zona PLC | Zona HC ESQ | Zona HC DIR | Zona MVA | Zona MVM 2-11 | Zona MVM 14-19 ESQ | Zona MVM 14-19 DIR | Zona PQB |
|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| Comprimento | 53 cm | 57 cm | 55 cm | 55 cm | 55 cm | 54 cm | 35 cm | 55 cm | 55 cm |
| Largura | 35 cm | 35 cm | 35 cm | 40 cm | 40 cm | 36 cm | 25 cm | 35 cm | 35 cm |

De acordo com as dimensões obtidas, foi dimensionada uma caixa *standard* de modo a esta ser funcional para todas as zonas de *picking*, que deverá ter 55 centímetros de altura, 42 centímetros de largura e 30 centímetros de comprimento. A caixa deve ser composta por um

tipo de material leve, de forma a facilitar a sua movimentação. A figura 20 apresenta um modelo da caixa pretendida desenvolvida no programa *SolidWorks*.

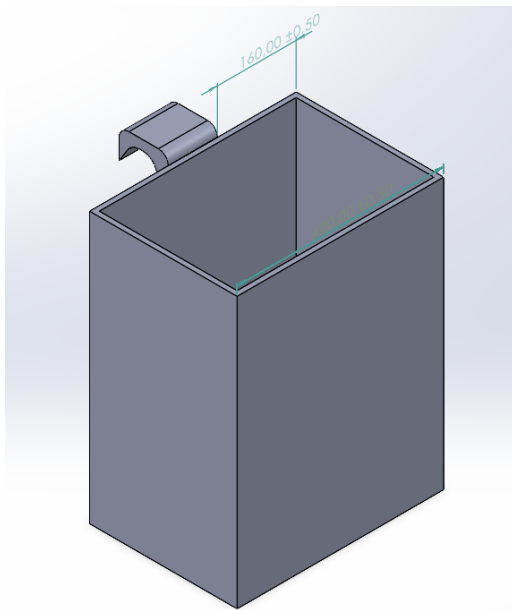


Figura 20- Caixa dimensionada para o sistema de separação de resíduos amovível

Para o funcionamento do sistema em questão, devem existir cerca de 21 caixas, e distribuídas de acordo com o tipo de resíduos que cada zona possui. Ou seja, nas zonas PLC, PAV e HC DIR devem existir três caixas, de modo que os operadores consigam recolher e separar os resíduos de papel, cartão e plástico. Nas restantes zonas, devem existir duas caixas, de forma que os operadores consigam recolher e separar os resíduos de cartão e plástico.

Este sistema elimina os tempos de deslocação para a correta separação de resíduos durante a atividade de *picking*. Os operadores já não têm de se deslocar para colocar os resíduos no local devido visto que, os contentores se encontram agregados ao carrinho. Este sistema também faz com que haja uma concentração da zona de resíduos, diminuindo o tempo de recolha de lixo no sistema de *picking*, otimizando também o tempo de ciclo de recolha de resíduos de toda a fábrica.

4.2.2.1 Simulação do sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de *picking*.

Foi executada uma simulação do sistema em questão em todas as zonas do *picking* para determinar o tempo que poderia ser reduzido se não ocorresse a deslocação para a separação correta dos plásticos durante a atividade de *picking*, visto que este tipo de resíduo é o mais recolhido pelos operadores durante as suas atividades. Para isso, foi solicitado aos operadores para que, durante a atividade, ao removerem a embalagem de plástico de uma peça, não se

deslocassem para o contentor, mas para colocarem a embalagem dentro dos *kits*. Assim, foi possível efetuar as medições de cada atividade sem a contabilização do tempo de deslocação para a correta separação dos resíduos.

Para executar as medições de forma mais precisa e para conseguir comparar com as medições dos tempos atuais realizadas, estas foram realizadas somente em atividades de *picking* que recolhiam peças para a produção de carros comerciais com uma porta lateral. Foram realizadas quatro medições de tempo de cada atividade em cada turno de trabalho. Por turno, foi calculada uma média das quatro medições efetuadas e por fim, foi calculada uma média dos três turnos. Os resultados apresentam-se na tabela 11.

Tabela 11- Tempo simulado nas zonas de *Picking*

| ZONAS PICKING | TEMPO ATUAL PICKING COMERCIAL MÉDIA 3 TURNOS | TEMPO SIMULADO PICKING MÉDIA 3 TURNOS |
|-----------------------------------|---|--|
| <i>Zona Picking PAV</i> | 03:06,7 | 03:06,7 |
| <i>Zona Picking PLC</i> | 02:26,5 | 02:23,7 |
| <i>Zona Picking MVM 2-11</i> | 04:44,3 | 04:44,3 |
| <i>Zona Picking MVM 14-19 ESQ</i> | 02:57,2 | 02:48,1 |
| <i>Zona Picking MVM 14-19 DIR</i> | 03:50,1 | 03:40,1 |
| <i>Zona Picking PQB</i> | 04:34,2 | 04:22,0 |
| <i>Zona Picking MVA</i> | 04:51,5 | 04:41,3 |
| <i>Zona Picking HC ESQ</i> | 04:08,7 | 04:08,7 |
| <i>Zona Picking HC DIR</i> | 03:51,9 | 03:51,9 |

Ao realizar as medições, foi observado que algumas zonas de *picking* possuíam mais embalagens do que outras, sendo que as deslocações para a separação correta dos resíduos durante a atividade de *picking* são mais notórias numas zonas do que noutras. As melhorias simuladas apresentam-se na tabela 12.

Tabela 12- Melhoria de tempos de atividade de *picking* obtida

| ZONAS PICKING | TEMPO ATUAL PICKING COMERCIAL MÉDIA 3 TURNOS | TEMPO SIMULADO PICKING MÉDIA 3 TURNOS | MELHORIA SIMULADA POR ATIVIDADE (COMERCIAL) |
|----------------------------|--|---------------------------------------|---|
| Zona Picking PAV | 03:06,7 | 03:06,7 | 00:00,0 |
| Zona Picking PLC | 02:26,5 | 02:23,7 | 00:02,8 |
| Zona Picking MVM 2-11 | 04:44,3 | 04:44,3 | 00:00,0 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 02:57,2 | 02:48,1 | 00:09,1 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 03:50,1 | 03:40,1 | 00:10,0 |
| Zona Picking PQB | 04:34,2 | 04:22,0 | 00:12,2 |
| Zona Picking MVA | 04:51,5 | 04:41,3 | 00:10,2 |
| Zona Picking HC ESQ | 04:08,7 | 04:08,7 | 00:00,0 |
| Zona Picking HC DIR | 03:51,9 | 03:51,9 | 00:00,0 |

Como se pode observar na tabela 12, foram obtidas melhorias na maioria das zonas de *picking*, sendo a melhoria mais notória na zona de *picking* PQB, com uma diminuição de tempo de cerca de 12,2 segundos por atividade, seguida pela melhoria obtida na zona de *picking* MVA, com uma diminuição de tempo de cerca de 10,2 segundos por atividade. Na zona de *picking* MVM 14-19, foi obtida uma diminuição de tempo de cerca de 10 segundos nas atividades realizadas no lado direito e uma diminuição de cerca de 9,1 segundos nas atividades realizadas no lado esquerdo. Por fim, foi obtida uma melhoria na zona de *picking* PLC, com uma diminuição de cerca de 2,8 segundos por atividade. É de salientar que estas melhorias foram obtidas nas atividades de *picking* referentes à produção de carros comerciais com uma porta lateral, estando diretamente proporcionais à quantidade de plásticos removidos durante as atividades em questão.

Depois de serem obtidas as melhorias apresentadas, foi determinada uma média do número de plásticos desembalados em cada atividade de *picking* correspondente à produção de um carro comercial com uma porta lateral. Esta média foi realizada nas zonas onde se obtiveram melhorias significativas, a fim de se determinar o tempo de deslocação para a separação correta de resíduos por plástico. Os resultados apresentam-se na tabela 13.

Tabela 13- Tempo de deslocação por plástico

| ZONAS PICKING | MELHORIA SIMULADA POR ATIVIDADE (COMERCIAL) | NÚMERO DE PLÁSTICOS COMERCIAL (POR KIT) | TEMPO POR PLÁSTICO |
|-------------------------------------|--|--|---------------------------|
| <i>Zona Picking PLC</i> | 00:02,8 | 2 | 00:00,7 |
| <i>Zona Picking MVM (14-19) ESQ</i> | 00:09,1 | 5 | 00:00,9 |
| <i>Zona Picking MVM (14-19) DIR</i> | 00:10,0 | 5 | 00:01,0 |
| <i>Zona Picking PQB</i> | 00:12,2 | 6 | 00:01,0 |
| <i>Zona Picking MVA</i> | 00:10,2 | 10 | 00:01,0 |

Após a obtenção do tempo de deslocação para separação correta de resíduos por plástico, foi determinada uma média do número de plásticos desembalados por atividade de *picking* correspondente à produção de carros familiares. A média foi realizada a fim de determinar o tempo otimizado em atividades de *picking* de carros familiares. Este cálculo foi realizado em todas as zonas de *picking*, no entanto só se obtiveram diferenças nas zonas referidas na tabela 13. Os resultados são apresentados na tabela 14.

Tabela 14- Tempo otimizado nas atividades de *picking* de carros familiares

| ZONAS PICKING | TEMPO POR PLÁSTICO | NÚMERO DE PLÁSTICOS FAMILIAR (POR KIT) | TEMPO OTIMIZADO ATIVIDADE PICKING (FAMILIAR) |
|-------------------------------------|---------------------------|---|---|
| <i>Zona Picking PLC</i> | 00:00,7 | 5 | 05:11,8 |
| <i>Zona Picking MVM (14-19) ESQ</i> | 00:00,9 | 5 | 03:47,1 |
| <i>Zona Picking MVM (14-19) DIR</i> | 00:01,0 | 5 | 04:52,7 |
| <i>Zona Picking PQB</i> | 00:01,0 | 6 | 04:22,0 |
| <i>Zona Picking MVA</i> | 00:01,0 | 12 | 05:38,7 |

Através da comparação dos tempos atuais das atividades de *picking* na produção de carros familiares com os obtidos através do cálculo do tempo otimizado, foi possível verificar a melhoria que é possível a obter-se. O ganho que se poderá obter é apresentado na tabela 15.

Tabela 15- Melhoria obtida em cada atividade de *picking* correspondente à produção de um carro familiar

| ZONAS PICKING | TEMPO ATUAL PICKING FAMILIARES OBTIDO | TEMPO OTIMIZADO ATIVIDADE PICKING (FAMILIAR) | MELHORIA OBTIDA POR ATIVIDADE (FAMILIAR) |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Zona <i>Picking</i> PAV | 03:06,7 | 03:06,7 | 00:00,0 |
| Zona <i>Picking</i> PLC | 05:18,9 | 05:11,8 | 00:07,1 |
| Zona <i>Picking</i> MVM 2-11 | 04:44,3 | 04:44,3 | 00:00,0 |
| Zona <i>Picking</i> MVM 14-19 ESQ | 03:56,2 | 03:47,1 | 00:09,1 |
| Zona <i>Picking</i> MVM 14-19 DIR | 05:02,7 | 04:52,7 | 00:10,0 |
| Zona <i>Picking</i> PQB | 04:34,2 | 04:22,0 | 00:12,2 |
| Zona <i>Picking</i> MVA | 05:50,9 | 05:38,7 | 00:12,2 |
| Zona <i>Picking</i> HC ESQ | 05:41,5 | 05:41,5 | 00:00,0 |
| Zona <i>Picking</i> HC DIR | 04:43,5 | 04:43,5 | 00:00,0 |

Como é possível observar na tabela 15, nas zonas de *picking* MVA e PLC, a melhoria obtida é maior nas atividades de *picking* referentes à produção de carros familiares do que nas atividades de *picking* referentes à produção de carros comerciais. Esta diferença deve-se à maior quantidade de embalagens de plástico que são recolhidos nas atividades de *picking* referentes à produção de carros familiares nas zonas em questão. Na zona de *picking* MVA, foi obtida uma melhoria, com uma diminuição de tempo de cerca de 12,2 segundos por atividade e na zona de *picking* PLC, foi obtida uma melhoria com a diminuição de tempo de cerca de 7,1 segundos por atividade.

Seguidamente, foi calculado o ganho possível a obter por carro produzido. Visto que nem todas as atividades são realizadas para a produção de apenas um carro, foi determinado o número de carros comerciais e familiares que são produzidos em cada atividade de *picking*. Assim, foi possível obter o tempo de cada atividade de *picking* por tipo de carro. Os resultados obtidos sobre os carros comerciais são apresentados na tabela 16.

Tabela 16- Tempo otimizado e melhoria obtida por carro comercial

| ZONAS PICKING | TEMPO OTIMIZADO PICKING COMERCIAL | Nº CARROS COMERCIAIS/ TEMPO ATIVIDADE | TEMPO OTIMIZADO PICKING/CARRO COMERCIAL | MELHORIA SIMULADA PICKING/CARRO COMERCIAL |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Zona Picking PAV | 03:06,7 | 1 | 03:06,7 | 00:00,0 |
| Zona Picking PLC | 02:23,7 | 2 | 01:11,8 | 00:01,4 |
| Zona Picking MVM 2-11 | 04:44,3 | 1 | 04:44,3 | 00:00,0 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 02:48,1 | 2 | 01:24,0 | 00:04,5 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 03:40,1 | 2 | 01:50,0 | 00:05,0 |
| Zona Picking PQB | 04:22,0 | 2 | 02:11,0 | 00:06,1 |
| Zona Picking MVA | 04:41,3 | 1 | 04:41,3 | 00:10,2 |
| Zona Picking HC ESQ | 04:08,7 | 1 | 04:08,7 | 00:00,0 |
| Zona Picking HC DIR | 03:51,9 | 1 | 03:51,9 | 00:00,0 |

Os resultados obtidos sobre os carros familiares são apresentados na tabela 17.

Tabela 17- Tempo otimizado e melhoria obtida por carro familiar

| ZONAS PICKING | TEMPO OTIMIZADO PICKING FAMILIARES | Nº CARROS FAMILIARES/ TEMPO ATIVIDADE | TEMPO OTIMIZADO PICKING/ CARRO FAMILIAR | MELHORIA SIMULADA PICKING/CARRO FAMILIAR |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| Zona Picking PAV | 03:06,7 | 1 | 03:06,7 | 00:00,0 |
| Zona Picking PLC | 05:11,8 | 1 | 05:11,8 | 00:07,1 |
| Zona Picking MVM 2-11 | 04:44,3 | 1 | 04:44,3 | 00:00,0 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 03:47,1 | 2 | 01:53,6 | 00:04,5 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 04:52,7 | 2 | 02:26,4 | 00:05,0 |
| Zona Picking PQB | 04:22,0 | 2 | 02:11,0 | 00:06,1 |
| Zona Picking MVA | 05:38,7 | 1 | 05:38,7 | 00:12,2 |
| Zona Picking HC ESQ | 05:41,5 | 1 | 05:41,5 | 00:00,0 |
| Zona Picking HC DIR | 04:43,5 | 1 | 04:43,5 | 00:00,0 |

Seguidamente, foi determinado o tempo de disponibilidade que o operador possui por cada atividade de *picking*. Para obter o tempo de disponibilidade de forma mais precisa, foi realizado um estudo sobre a movimentação de caixas vazias durante as atividades em questão. O estudo consistiu na determinação da média de caixas movimentadas durante as atividades de *picking* para a produção de carros comerciais e para a produção de carros familiares. A

média obtida para as atividades resultantes da produção de carros comerciais resultou na medição de quatro atividades em cada zona e a média obtida para as atividades resultantes da produção de carros familiares seguiu o mesmo método. Após o cálculo da média, foi determinado o tempo médio da movimentação de uma caixa, cujo resultado obtido foi 00:00:03 segundos. O tempo médio da movimentação de uma caixa foi determinado a fim de ser possível calcular o tempo que o operador de cada zona gasta a movimentar caixas vazias durante as suas atividades. Seguidamente, foi também calculado o tempo da movimentação de caixas vazias por carro. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela 18.

Tabela 18- Estudo realizado para a determinação do tempo de movimentação das caixas vazias

| Zonas Picking | Atividade Picking Carrinhas Comerciais | Atividade Picking Carrinhas Familiares | Tempo Movimentação Caixas Atividade Comercial | Tempo Movimentação Caixas Atividade Familiar | Tempo por Carro Comercial | Tempo por Carro Familiar |
|----------------------------|---|---|--|---|----------------------------------|---------------------------------|
| Zona Picking PLC | 2 | 3 | 00:00:06 | 00:00:09 | 00:03,0 | 00:09,0 |
| Zona Picking MVM 14-19 ESQ | 1 | 1 | 00:00:03 | 00:00:03 | 00:01,5 | 00:01,5 |
| Zona Picking MVM 14-19 DIR | 2 | 2 | 00:00:06 | 00:00:06 | 00:03,0 | 00:03,0 |
| Zona Picking PQB | 3 | 3 | 00:00:09 | 00:00:09 | 00:04,5 | 00:04,5 |
| Zona Picking MVA | 2 | 3 | 00:00:06 | 00:00:09 | 00:06,0 | 00:09,0 |

Após a determinação do tempo da atividade de valor não acrescentado que corresponde à movimentação de caixas vazias durante as atividades de *picking*, foi efetuado o cálculo do Tempo de Ciclo (TC) de modo a se obter o tempo que o operador possui para realizar as atividades do *picking*. O tempo de ciclo é obtido através da divisão entre o tempo disponível para a produção e a produção efetuada num dia. Os dados necessários para a realização do cálculo pretendido, apresentam-se na tabela 19.

Tabela 19- Dados para cálculo de *tempo de ciclo*

| | | |
|----------------------------------|-----|---------|
| Turno | | |
| Tempo disponível Produção | 445 | minutos |
| Produção efetuada | 121 | carros |

Com os dados apresentados, calculou-se que o TC para cada atividade de *picking* é de 3,678 minutos, o que corresponde a cerca de 221 segundos.

O tempo de ciclo obtido é relativo às atividades de *picking* realizadas em todas as zonas em questão, exceto na zona de *picking* MVA. Sabendo que na zona de *picking* MVA trabalham

dois operadores em simultâneo e que o número de carros produzidos em cada turno é 121, cada operador da zona em questão realiza cerca de 60,5 atividades de *picking* no seu turno. Ou seja, o tempo de ciclo para os operadores da zona de *picking* de MVA aumenta, visto que cada um produz menos *kits* no mesmo espaço de tempo. Calculou-se então o TC para as atividades de *picking* da zona MVA, obtendo cerca de 441 segundos.

Seguidamente, foi calculado o *Target Cycle Time* (TCT), que corresponde à multiplicação entre o TC com o rendimento operacional da linha. Sabendo que, o rendimento operacional da linha é cerca de 97,7%, o TCT obtido para a maioria das zonas de *picking* é cerca de 216 segundos. O TCT para a zona de *picking* MVA corresponde a 428 segundos.

O *Weight Average Cycle Time* (WACT) corresponde ao tempo médio ponderado das atividades de *picking*. Sabendo que 70% da produção da Stellantis, Mangualde corresponde à fabricação de carros comerciais e 30% corresponde à fabricação de carros familiares, a fórmula de cálculo do WACT é apresentado na equação 1.

$$WACT = 0,70 \times TAPC + 0,30 \times TAPF \quad [1]$$

Em que:

TAPC – tempo de atividade de *picking* correspondente à produção de carros comerciais;

TAPF – tempo de atividade de *picking* correspondente à produção de carros familiares.

Para uma melhor visualização do ganho possível obter, foi elaborado um gráfico *Yamazumi* para cada zona de *picking* onde se obteve melhorias. Com os gráficos, facilita-se a observação da melhoria possível obter nas atividades de *picking* por carro.

O ganho possível de se obter na zona de *picking* PLC é apresentado na figura 21. É de salientar que o tempo de cada atividade está representado em segundos, que o tempo da deslocação para a correta separação de resíduos durante a atividade de *picking* está representado com um padrão de riscas e o tempo de movimentação de caixas vazias está representado com um padrão aos quadrados.

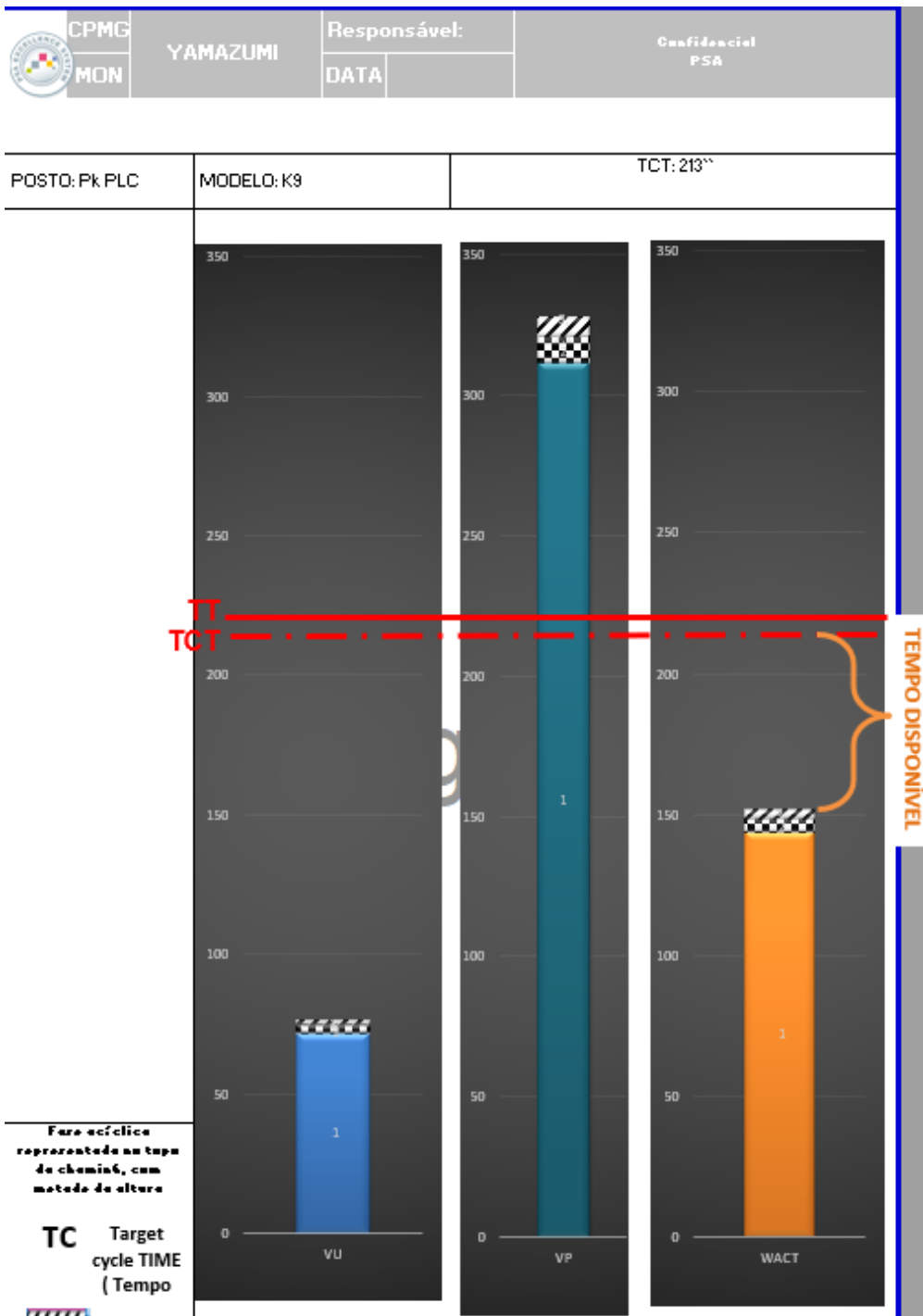


Figura 21- Ganho possível a obter no posto *picking* PLC

É possível observar que, de acordo com a média ponderada dos tempos da atividade em questão, o operador possui cerca de 61,29 segundos de tempo disponível por carro. Com este tempo disponível, o operador que realiza as atividades na zona *picking* em questão, auxilia na realização das atividades da zona de *picking* PAV. Com a implementação do sistema de separação de resíduos amovível de encaixe para os carrinhos das atividades de *picking*,

estima-se aumentar o tempo disponível do operador em 3,11 segundos, fazendo com que o tempo que o operador possui de disponibilidade aumente para 64,4 segundos.

O ganho possível de se obter na zona de *picking* MVM 14-19 é apresentado na figura 22 e na figura 23. O gráfico da figura 22 apresenta o ganho possível a obter nas atividades de *picking* realizadas no lado esquerdo da zona em questão.

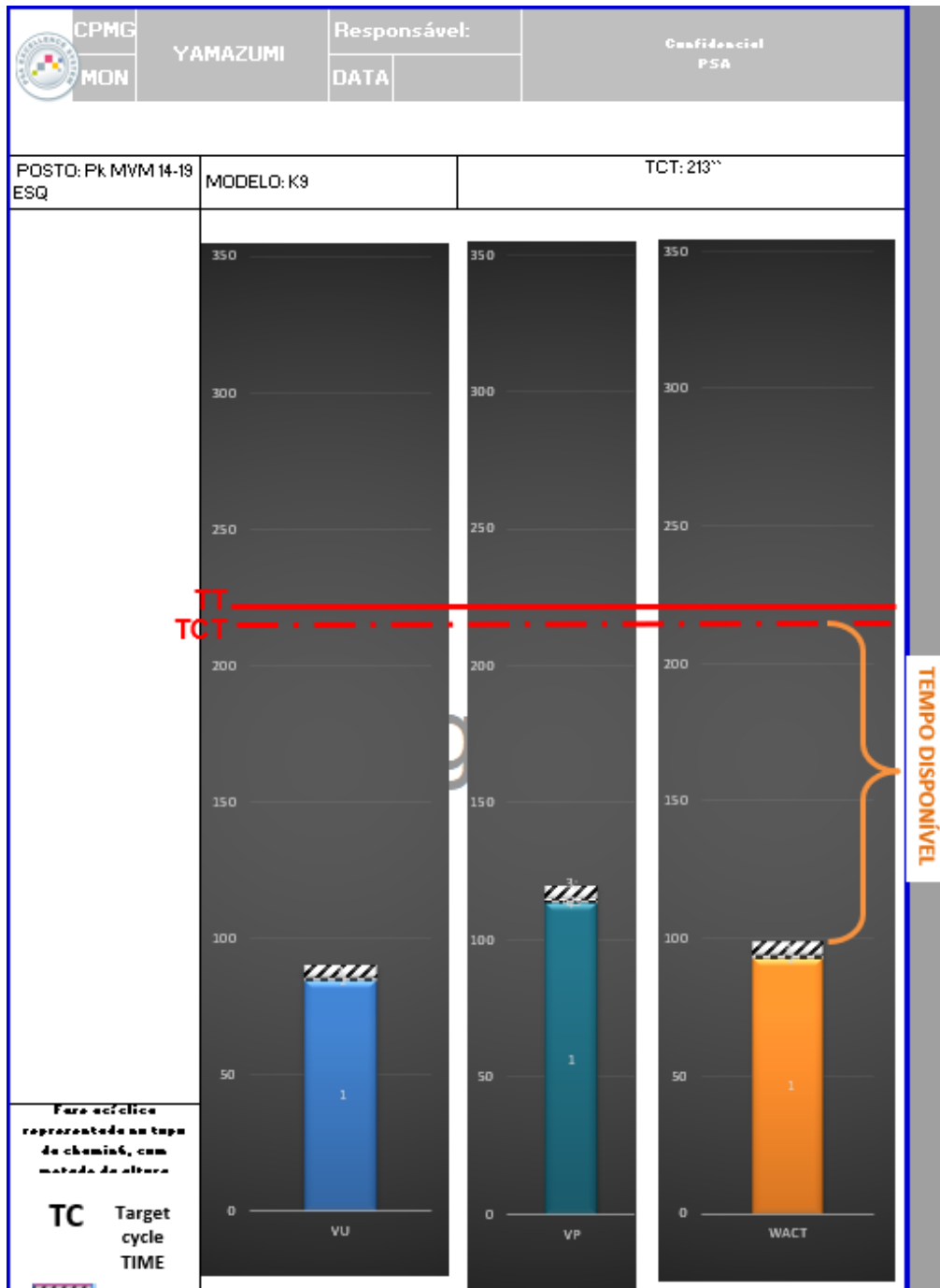


Figura 22- Ganho possível a obter na zona *picking* MVM 14-19 ESQ

Na figura 22 observa-se que o operador possui cerca de 84,08 segundos de tempo disponível por carro. Com este tempo disponível, o operador que realiza as atividades da zona em questão, auxilia na realização das atividades na zona *picking* MVM 2-11. Com a implementação do sistema em questão é possível aumentar o tempo disponível em 5 segundos, resultando em 95,08 segundos. A figura 23 apresenta o ganho possível a obter nas atividades de *picking* realizadas no seu lado direito.

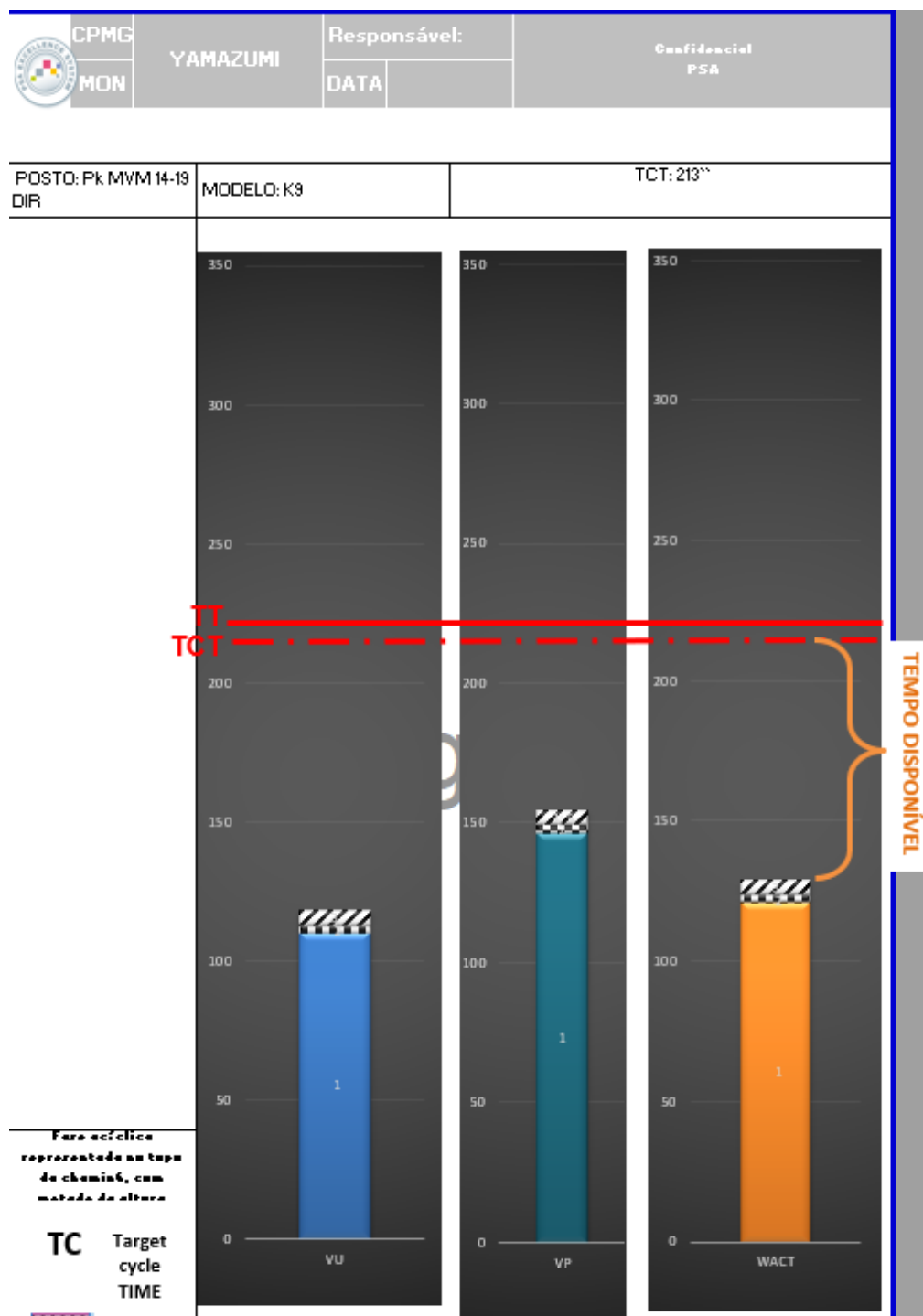


Figura 23- Ganho possível a obter na zona *picking* MVM 14-19 DIR

Na figura 23 é possível observar que o operador possui cerca de 114,12 segundos de tempo disponível por carro. O operador da zona em questão, também utiliza o tempo disponível apresentado para auxiliar na realização das atividades da zona de *picking* MVM 2-11. Com a implementação do sistema em questão, é possível aumentar esse tempo em 4,5 segundos, resultando em 118,62 segundos.

Na figura 24 apresenta-se o ganho possível de se obter na zona de *picking* PQB.

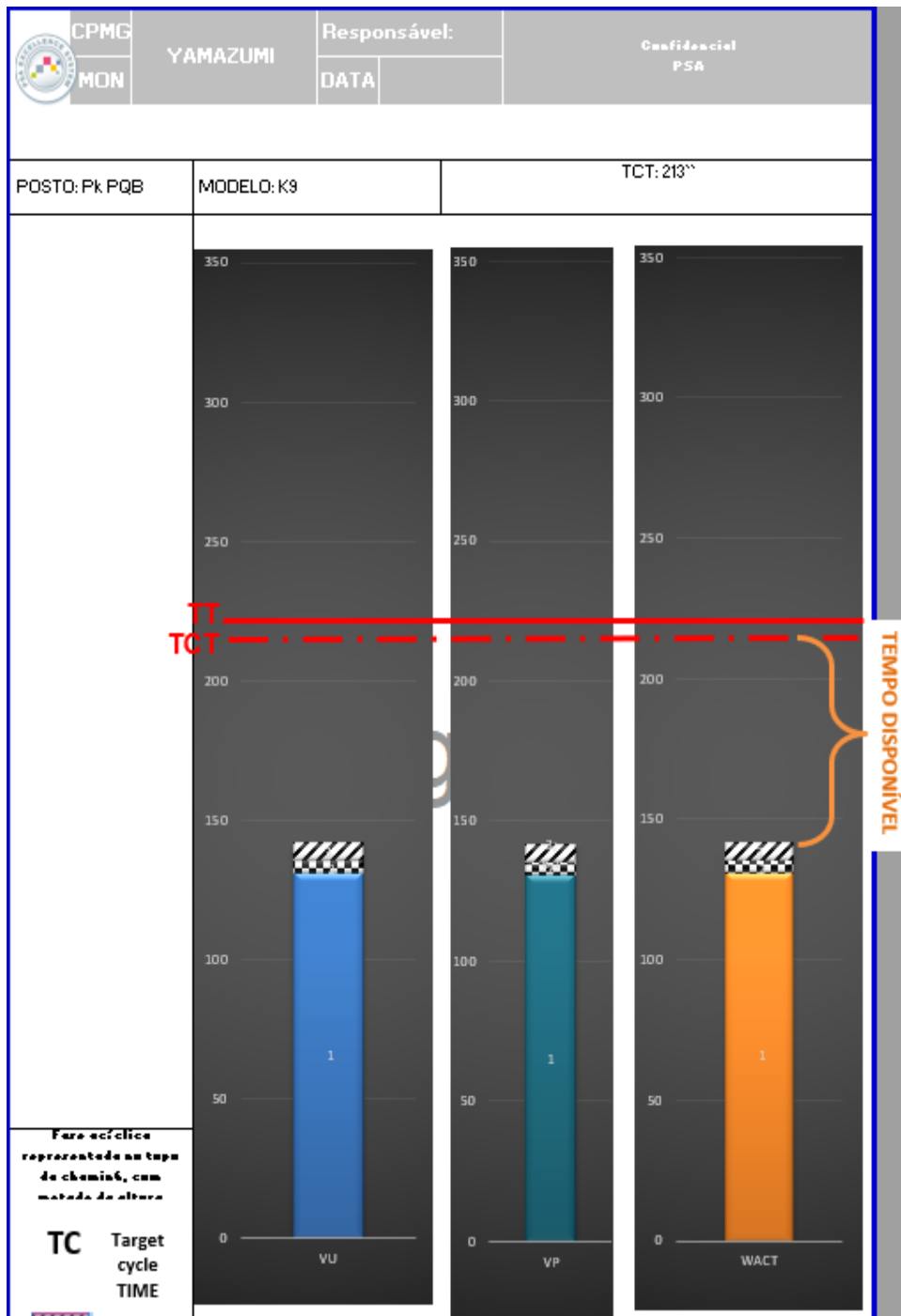


Figura 24- Ganho possível a obter na zona *picking* PQB

É possível observar pela figura 24 que, ao realizar as atividades de *picking* na zona PQB, os operadores possuem um tempo disponível de 71,4 segundos por carro. Com a implementação do sistema em questão, é possível aumentar o tempo disponível em 6,1 segundos, resultando em 77,5 segundos.

Na figura 25 apresenta-se o ganho possível de se obter na zona *picking* MVA.

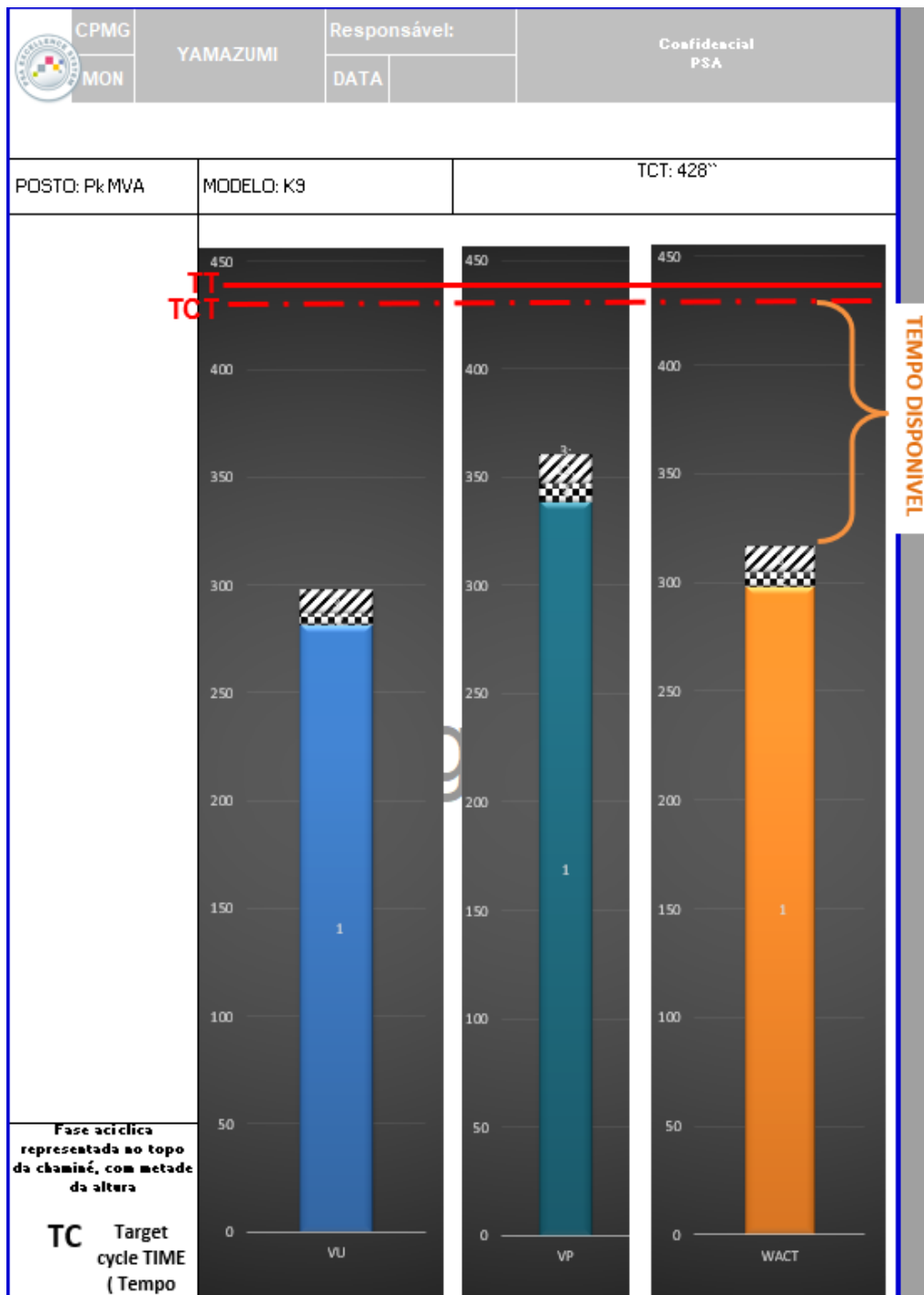


Figura 25- Ganho possível a obter na zona *picking* MVA

De acordo com a figura 25, é possível observar que os operadores possuem de 111,78 segundos de tempo disponível por carro. Com a implementação do sistema em questão, é possível aumentar o tempo disponível por carro em cerca de 10,8 segundos, aumentando a disponibilidade do operador para 122,58 segundos.

Após a determinação do ganho que será possível obter com a eliminação dos tempos de deslocação para a separação correta de resíduos durante a atividade de *picking*, foi realizado um mapa do *layout* das zonas do *picking* (Figura 26) a fim de simular a implementação do sistema em questão.

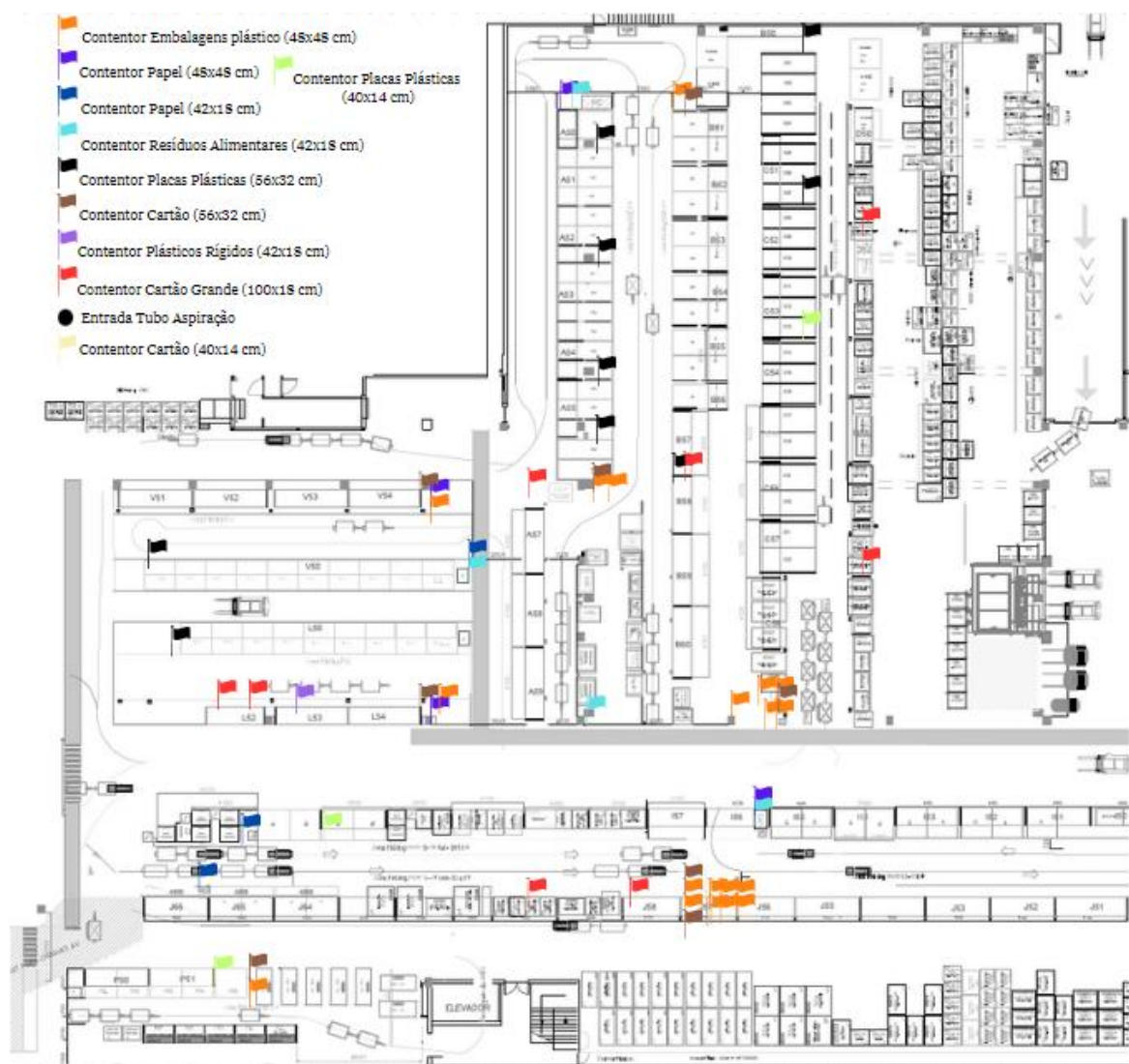


Figura 26- Mapa dos contentores de resíduos das zonas de *picking* com a simulação da implementação do sistema de separação de resíduos amovível

Através da análise do mapa ilustrado na figura 26, foi possível estimar o número de contentores que são necessários para a implementação do sistema e o tempo de deslocações que seriam realizadas pelo funcionário da recolha de resíduos. Com isto, foi possível

determinar o tempo de recolha de resíduos das zonas de *picking* em questão com a implementação do sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de *picking*. Os resultados são apresentados na tabela 20.

Tabela 20- Tempo de recolha de resíduos com a implementação do sistema de separação de resíduos amovível

| Tempos | Zona PAV | Zona PLC | Zona MVM 2-11 | Zona MVM 14-19 | Zona HC | Zona MVA | Zona PQB |
|------------------|----------|----------|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Tempo recolha | 00:01:50 | 00:02:30 | 00:01:10 | 00:04:55 | 00:04:00 | 00:03:15 | 00:00:35 |
| Tempo deslocação | 00:00:20 | 00:00:18 | 00:00:00 | 00:00:34 | 00:00:53 | 00:00:46 | 00:00:02 |
| TOTAL | 00:02:10 | 00:02:48 | 00:01:10 | 00:05:29 | 00:04:53 | 00:04:01 | 00:00:37 |

Com os resultados apresentados na tabela 20, determinou-se que o tempo de recolha de resíduos das zonas de *picking* em questão é de 21:08 minutos, resultando numa diminuição de 25,28% do tempo de recolha de resíduos. O ganho obtido por dia é apresentado na tabela 21.

Tabela 21- Ganho obtido com a implementação do sistema de separação de resíduos amovível

| | Tempo de Recolha | Tempo por turno | Tempo por Dia | Ganho Obtido |
|--|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Sistema atual | 00:28:17 | 00:56:34 | 02:49:42 | 00:42:54 |
| Sistema de separação de resíduos amovível | 00:21:08 | 00:42:16 | 02:06:48 | |

4.2.3 Sistema de Aspiração Centralizado

O sistema de aspiração centralizado proposto consiste numa adaptação do sistema de aspiração centralizado da empresa Jadifex- Malhas e Confeções, Lda., uma empresa situada em Barcelos e pertencente ao setor têxtil.

O sistema da empresa em questão consiste no transporte pneumático de retalhos de tecido gerados pelas máquinas de corte e pelas máquinas de costura para uma zona designada para a separação e reciclagem dos resíduos gerados. O transporte é efetuado através de uma rede de tubagens com cinco entradas para a aspiração dos retalhos. O sistema possui um motor com uma potência de 15 CV. As entradas da rede de tubagem possuem um diâmetro de cerca de 30 centímetros. As entradas são utilizadas através da abertura das suas escotilhas. Cada entrada possui uma escotilha a fim de evitar a perda de potência do sistema. Assim, a aspiração dos retalhos deve ser realizada sequencialmente, ou seja, com apenas uma entrada aberta por cada aspiração, ou simultaneamente, com apenas duas entradas abertas por cada aspiração.

O sistema é acionado através de botões e as escotilhas são abertas e fechadas com o mesmo mecanismo. O sistema é desligado automaticamente, após a saída do último retalho de tecido aspirado da rede de tubagens. A rede possui cerca de 81 metros de tubagem.

Para a empresa Stellantis, Mangualde é proposta uma rede de tubagens ao longo de sete das oito zonas que compõem o sistema de *picking*. Esta rede de tubagens teria seis entradas posicionadas na zona final de cada atividade de *picking* e deveria possuir no mínimo 125,52 metros de tubagem. Propõe-se a conjugação deste sistema com o sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos carrinhos das atividades de *picking*. Desta maneira, continuava-se a assegurar a eliminação dos tempos de deslocação durante a atividade em questão.

Quando a atividade fosse finalizada, o operador removia as caixas do carrinho. A caixa destinada ao plástico seria colocada próxima do tubo de aspiração a fim de ocorrer a aspiração total do plástico contido na caixa. Os resíduos das caixas destinadas para o cartão ou para o papel seriam despejados para um contentor colocado ao lado do tubo de aspiração. É de salientar que alguns contentores de papel não se encontram perto dos tubos de aspiração devido ao facto de serem necessitados apenas para a colocação das folhas que traduzem as ordens de *picking*, portanto, devem ser colocados junto da zona inicial das atividades. Este sistema permitiria que as embalagens de plástico fossem diretamente enviadas para o pavilhão da reciclagem.

Para a correta aspiração da caixa de plástico, foi idealizado e dimensionado um suporte composto por um tipo de material resistente, que possui uma abertura para a entrada do tubo e têm a função de suportar a caixa de maneira que ela seja posicionada de forma correta. Assim, quando a escotilha da entrada do tubo for aberta, o sistema é capaz de aspirar os resíduos existentes na caixa. Para a construção dos suportes, são propostas placas de PVC visto serem um tipo de material resistente e economicamente viável, já utilizadas pela empresa Stellantis, Mangualde para a construção de outros componentes.

De modo, a evitar tempos de espera, é proposto a existência de uma caixa extra em todas as zonas de aspiração. Assim, quando o operador necessitar de colocar uma caixa cheia dentro do suporte, irá acionar o sistema de aspiração centralizado e abrir a escotilha da entrada em questão, possa recolher e utilizar a caixa extra de maneira a fim de conseguir prosseguir com a atividade de *picking* seguinte sem ter de esperar que a aspiração da caixa utilizada na atividade que realizou seja aspirada. A figura 27 apresenta um modelo do suporte dimensionado no programa *SolidWorks*.

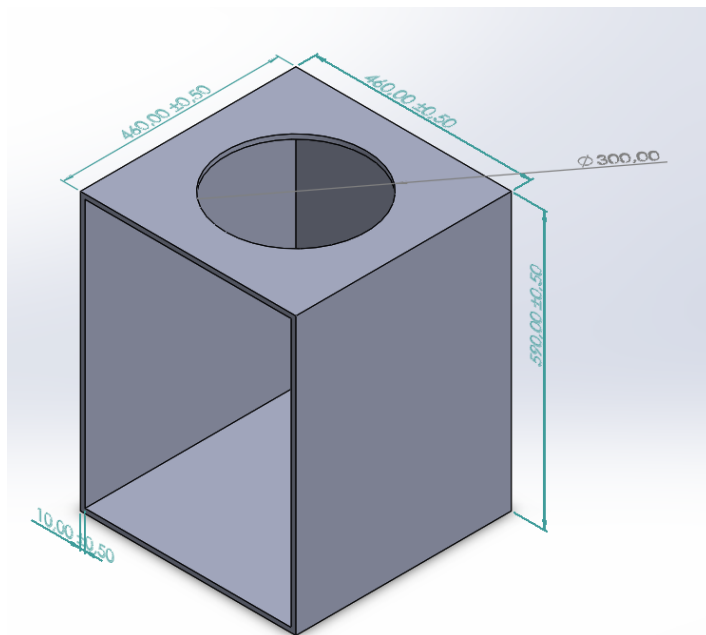


Figura 27- Suporte dimensionado para o sistema de aspiração centralizado com a conjugação do sistema de separação de resíduos amovível

Com a junção dos dois sistemas seria possível eliminar os tempos de deslocação para a correta separação dos resíduos durante as atividades de *picking*, diminuir a quantidade de resíduos a recolher, otimizar o tempo de ciclo de recolha de resíduos e diminuir o espaço necessário para a sua implementação, otimizando assim o *layout* das zonas de *picking*.

Com a conjugação dos dois sistemas, são necessárias cerca de 27 caixas, mais 6 que o sistema de separação de resíduos amovível. As 6 caixas servem para a substituição das caixas cheias de embalagens de plástico, que têm o objetivo de fazer com que o operador não tenha de esperar pela aspiração da caixa completa para prosseguir com a atividade seguinte.

4.2.3.1 Simulação do sistema de aspiração centralizada com o sistema de separação de resíduos amovível

A fim de simular a implementação dos sistemas em questão, foi realizado um estudo sobre a localização ideal das entradas dos tubos. Devido à conjugação dos dois sistemas, as entradas dos tubos deverão estar localizadas perto da zona final de cada atividade de *picking*.

Depois do estudo da localização ideal dos tubos, foi determinada a localização ideal para os diferentes contentores de resíduos. Com isto, foi elaborado um mapa, a fim de auxiliar na determinação dos tempos de recolha e de deslocação em cada zona de *picking*. Na figura 28 apresenta o mapa em questão.

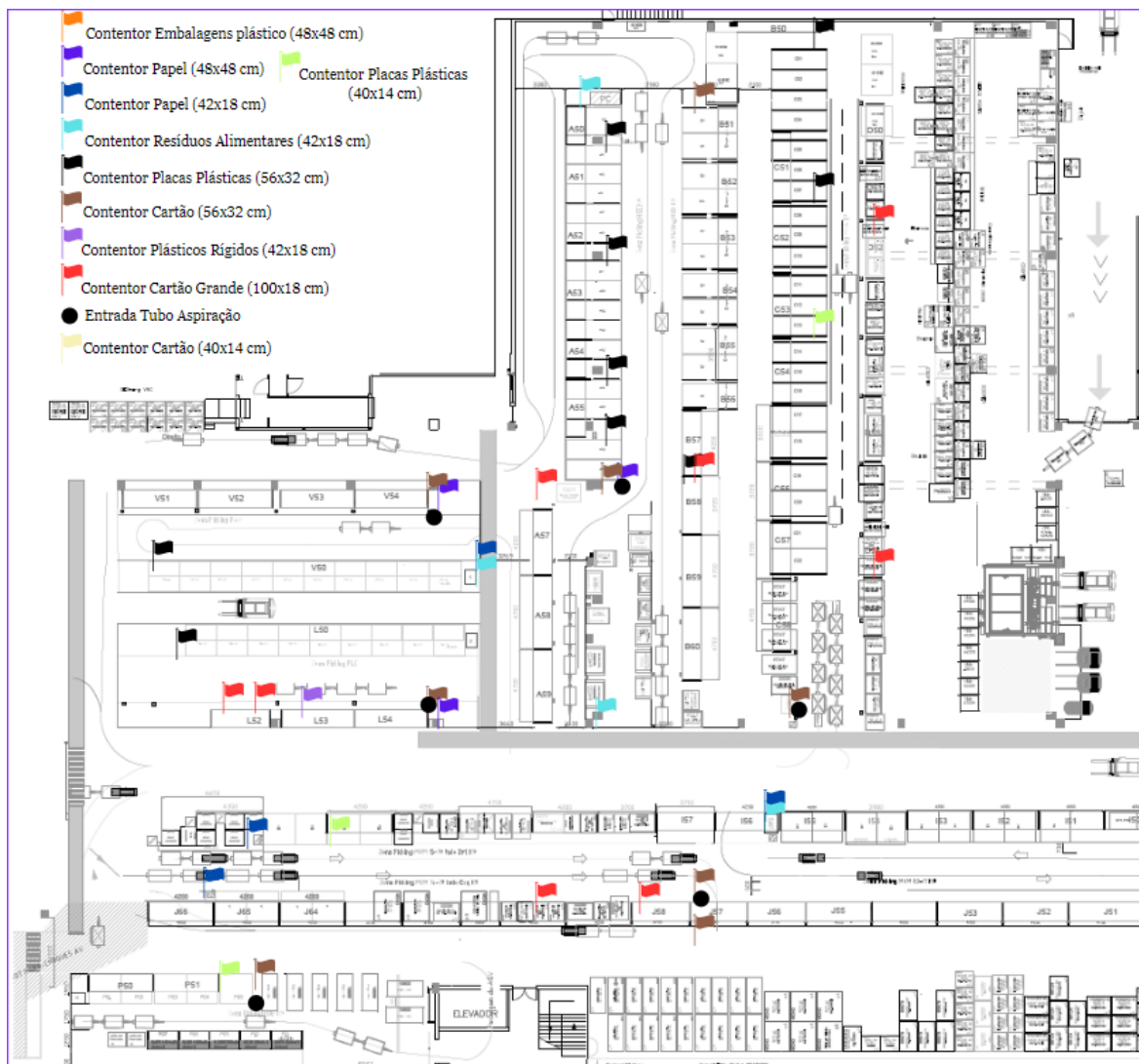


Figura 28- Mapa de contêntores de resíduos com a implementação do sistema de aspiração centralizada e do sistema de separação de resíduos amovível

Com a simulação da implementação do sistema de aspiração centralizada e do sistema de separação de resíduos amovível, observa-se que o *layout* das zonas de *picking* em questão torna-se mais amplo, devido à eliminação da necessidade de contêntores para as embalagens de plástico.

Após a realização do mapa, foi simulado o tempo de recolha dos resíduos necessário, tal como a determinação dos tempos de deslocação associados. Os resultados são apresentados na tabela 22.

Tabela 22- Simulação do tempo de recolha de resíduos com a implementação do sistema de aspiração centralizada

| Tempos | Zona PAV | Zona PLC | Zona MVM 2-11 | Zona MVM 14-19 | Zona HC | Zona MVA | Zona PQB |
|---------------------|----------|----------|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Tempo de recolha | 00:01:25 | 00:02:05 | 00:00:45 | 00:02:00 | 00:02:45 | 00:01:10 | 00:00:10 |
| Tempo de deslocação | 00:00:20 | 00:00:18 | 00:00:00 | 00:00:34 | 00:00:53 | 00:00:46 | 00:00:02 |
| TOTAL | 00:01:45 | 00:02:23 | 00:00:45 | 00:02:34 | 00:03:38 | 00:01:56 | 00:00:12 |

De acordo com os resultados apresentados, o tempo total de recolha seria 13:13 minutos, resultando numa diminuição de 53,27% do tempo atual de recolha dos resíduos na zona de *picking*. O ganho possível a obter por dia é apresentado na tabela 23.

Tabela 23- Ganho possível a obter com a implementação do sistema de aspiração centralizada

| | Tempo de Recolha | Tempo por turno | Tempo por Dia | Ganho Obtido |
|--|------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Sistema atual | 00:28:17 | 00:56:34 | 02:49:42 | 01:30:24 |
| Sistema de aspiração centralizada + Sistema separação resíduos amovível | 00:13:13 | 00:26:26 | 01:19:18 | |

4.3 Análise de Resultados

As propostas de melhoria apresentadas foram analisadas consoante as suas contribuições para a diminuição de tempos de atividade e otimização da *performance* dos operadores, para a melhoria das condições de trabalho, para a diminuição dos tempos de ciclo da equipa de recolha de resíduos e para a otimização do *layout* de cada zona de *picking* que compõe o sistema. Por fim, foram também analisadas consoante os seus orçamentos.

Para estimar o orçamento do sistema de aspiração implementado na empresa Stellantis, Vigo, foi efetuada uma pesquisa relativamente às bombas que são utilizadas para gerar a aspiração das embalagens de plástico. Estas são produzidas pela empresa Vuototecnica Srl, uma empresa italiana especializada em sistemas de aspiração. As bombas em questão são apresentadas na figura 29.



Figura 29- Bombas utilizadas no sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo.

Após a realização de uma pesquisa sobre a comercialização do produto em questão, foi obtido um preço médio de 295,37€/unidade sem IVA, através do catálogo da empresa Sotek, Industrial Solutions. Analisando a figura 19, que representa o mapa realizado para simular a implementação do sistema em questão na empresa Stellantis, Mangualde, determinou-se que seriam necessárias cerca de 40 unidades. Assim, o orçamento para a implementação do sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo será no mínimo cerca de 11.814,8€ sem IVA, visto que o valor apresentado não inclui o custo de transporte nem o custo de instalação.

Para estimar o orçamento do sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos *kits* foi primeiramente escolhido um tipo de material para a fabricação das caixas que o sistema em questão engloba. Devido ao facto de ser um material leve, flexível e já ter sido utilizado para outros componentes criados para auxílio das atividades dos operadores, foi escolhido o tecido de tela em PVC para a constituição das caixas de separação de resíduos amovíveis e de encaixe nos *kits*.

De acordo com as dimensões estipuladas para a criação das caixas, calculou-se que, para cada caixa, é necessário cerca de 1,02 m² de tecido. Sendo o sistema em questão, idealizado com a fabricação de 21 caixas, seriam necessários cerca de 21,42 m² de tecido.

Foi realizada uma pesquisa de fornecedores a fim de determinar o preço médio do metro quadrado do tecido de tela em PVC, o que resultou numa determinação de cerca de 6,03€, com IVA incluído, por metro quadrado. Assim sendo, foi calculado que, para a implementação do sistema de separação de resíduos amovível para encaixe nos *kits*, o orçamento será no mínimo cerca de 129,09 €, visto que o valor apresentado não inclui o custo de fabricação das caixas.

Para estimar o orçamento do sistema de aspiração centralizado, foi consultado o orçamento do sistema de aspiração centralizado da empresa Jadifex- Malhas e Confeções, Lda. Este foi implementado em 1998 e o seu orçamento foi cerca de 20.000€. Como a sua implementação foi executada há cerca de 25 anos, foi realizado um estudo sobre a evolução da taxa de inflação

que ocorreu durante os 25 anos e foi determinada a taxa de inflação acumulada de forma a poder estimar o orçamento da implementação do sistema em questão na empresa Stellantis, Mangualde. A evolução da taxa de inflação em Portugal foi analisada de acordo com os dados obtidos no PORDATA (2023). A evolução da taxa de inflação encontra-se apresentada na tabela 24.

Tabela 24- Evolução da taxa de inflação em Portugal, 1999-2022 (PORDATA, 2023)

| Anos | Índice de Preços no Consumidor |
|------------------|--------------------------------|
| | Total (%) |
| 1999 | 2,3 |
| 2000 | 2,9 |
| 2001 | 4,4 |
| 2002 | 3,6 |
| 2003 | 3,2 |
| 2004 | 2,4 |
| 2005 | 2,3 |
| 2006 | 3,1 |
| 2007 | 2,5 |
| 2008 | 2,6 |
| 2009 | -0,8 |
| 2010 | 1,4 |
| 2011 | 3,7 |
| 2012 | 2,8 |
| 2013 | 0,3 |
| 2014 | -0,3 |
| 2015 | 0,5 |
| 2016 | 0,6 |
| 2017 | 1,4 |
| 2018 | 1 |
| 2019 | 0,3 |
| 2020 | 0 |
| 2021 | 1,3 |
| 2022 | 7,8 |
| % Taxa Acumulada | 49,3 |

Ao analisar os dados obtidos, calcula-se que a taxa de inflação acumulada desde 1999 até 2022 é cerca de 49,3%.

Com a determinação da taxa de inflação acumulada, pode-se estimar que o sistema de aspiração centralizado implementado na empresa Jadifex- Malhas e Confeções, Lda., ao ser implementado na empresa Stellantis, Mangualde, teria um orçamento de cerca de 29.860€, valor que inclui o custo de aquisição e de instalação. A tabela 25 foi construída a fim de analisar e comparar os resultados obtidos com os sistemas propostos.

Tabela 25- Análise de resultados obtidos com a simulação dos sistemas propostos

| Sistemas Analisados | Diminuição tempos atividade | Diminuição tempos de recolha de resíduos | Melhoria Condições de trabalho (Limpeza) | Otimização Layout (nº Contentores) | Orçamento Sistemas |
|--|------------------------------------|---|---|---|-------------------------------------|
| Sistema Aspiração Stellantis, Vigo | - | 10,60% | SIM | 73 | 11.840,00 € (montagem não incluída) |
| Sistema Separação Resíduos Amovível | PLC, MVM 14-19, MVA, PQB | 25,28% | SIM | 51 | 129,09€ (montagem não incluída) |
| Sistema Aspiração Centralizada | - | 53,27% | SIM | 32 | 29.860,00 € (montagem incluída) |
| Sistema Aspiração Centralizada + Sistema Separação Resíduos Amovível | PLC, MVM 14-19, MVA PQB | 53,27% | SIM | 32 | 29.989,09€ |

O sistema de aspiração implementado na empresa Stellantis, Vigo faz com que haja uma concentração dos contentores, deslocando-os para uma zona fora da área onde se realiza as atividades de *picking*, o que por sua vez traz benefícios para a equipa de recolha de resíduos e para o *layout* das zonas em questão. No entanto, é de salientar que apresenta a menor taxa de diminuição do tempo de recolha de resíduos. Também, apesar do número de contentores de resíduos necessários seja maior que o número atual devido à eliminação da existência de contentores de resíduos gerais e à implementação de contentores de resíduos específicos em áreas estratégicas, a fim de combater a colocação de resíduos em sítios indevidos, apresenta-se como um valor demasiado elevado. O orçamento apresentado do sistema em questão traduz-se apenas no valor estimado para a aquisição das bombas de aspiração, pelo que se deve supor o aumento do mesmo.

O sistema de separação de resíduos amovível traz benefícios em todos os parâmetros estipulados, apresentando também o orçamento mais baixo. No entanto, embora a sua contribuição para a diminuição dos tempos de recolha seja maior que o sistema analisado anteriormente, não é a mais elevada. Também, embora contribua para a melhoria das condições de trabalho tal como o sistema anterior e apresente um número de contentores de

resíduos necessários mais baixo que o sistema de aspiração da empresa Stellantis, Vigo, a sua contribuição para a otimização do *layout* não se apresenta como a mais elevada.

Assim sendo, como é possível observar, a implementação dos sistemas de separação de resíduos amovível de encaixe nos carrinhos das atividades de *picking* e de aspiração centralizada traz mais benefícios para a empresa Stellantis, Mangualde. Embora, seja a opção com o orçamento mais elevado, é a que mais pode beneficiar a empresa a longo prazo.

Com a implementação dos dois sistemas é possível erradicar os tempos de deslocação para a correta separação de resíduos durante a atividade de *picking*, diminuindo conseqüentemente o tempo das atividades de *picking* nas zonas referidas. Também, é possível diminuir cerca de 53,27% do tempo de recolha de resíduos no sistema em questão, podendo-se obter um ganho de cerca de uma hora e trinta minutos por dia. Por fim, torna-se possível diminuir o número de contentores de resíduos necessários para o sistema de *picking*, otimizando assim o *layout* existente e assegurando a melhoria das condições de trabalho dos operadores que tornam possível o bom funcionamento do sistema de *picking* da empresa Stellantis, Mangualde.

Capítulo 5

Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre este estudo de caso, assim como a apresentação de propostas que poderão ser implementadas futuramente que visam a melhoria contínua do sistema de *picking* da empresa Stellantis, Mangualde.

5.1 Conclusões

De acordo com os objetivos definidos inicialmente e a análise efetuada sobre as propostas de melhoria, foram retiradas algumas conclusões sobre a eficácia e os benefícios das mesmas no sistema de *picking* da empresa.

Como foi apresentado no caso prático, no sistema de *picking* da empresa Stellantis, Mangualde foram identificados alguns problemas. Nomeadamente, a quantidade de resíduos gerados, principalmente pelas embalagens de plástico que envolvem uma grande quantidade de peças e as deslocações para a separação correta das mesmas durante as atividades de *picking*, geravam problemas de produtividade, de tempos de recolha e de *layout*. Também, a quantidade de resíduos gerados pelas atividades que não são recolhidos pelas equipas responsáveis, devido a número insuficiente de contentores e de espaço necessário para os mesmos, constituíam um problema para as condições de trabalho dos operadores.

Foram então propostos três sistemas para uma melhor gestão dos resíduos gerados nas zonas de *picking*. Os três sistemas foram simulados e avaliados quanto à sua eficácia, benefícios e custos inerentes.

Ao analisar os resultados obtidos, concluiu-se que, embora possua o orçamento mais elevado, a conjugação do sistema de aspiração centralizada com o sistema de separação de resíduos amovível é o que mais beneficiaria a empresa a longo prazo. Assim, seria possível obter uma diminuição dos tempos das atividades de *picking* nas zonas PLC, MVM 14-19, MVA e PQB, aumentando conseqüentemente o tempo disponível que o operador possui por cada atividade correspondente à produção de um carro. Esse aumento do tempo de disponibilidade pode facilitar a introdução de outras atividades no trabalho dos operadores, que realizam as atividades de *picking* nas zonas em questão. A sua contribuição para a diminuição do tempo de recolha de resíduos realizada pelas equipas responsáveis é elevada, podendo vir também a facilitar a introdução de outras atividades no trabalho das equipas de recolha de resíduos. O número de contentores de resíduos necessários traduz-se no número mais baixo entre todos

os sistemas analisados, trazendo assim um maior aproveitamento do espaço disponível, otimizando o *layout* das zonas do sistema de *picking*, assegurando na mesma a melhoria das condições de trabalho.

Com a análise das propostas de melhoria sugeridas e com a conclusão obtida, foram atingidos os objetivos estipulados inicialmente. A realização do estágio permitiu obter uma aprofundação da aprendizagem sobre sistemas de *picking* e uma melhor compreensão sobre o trabalho no ramo do setor automóvel.

5.2 Propostas de Melhoria Futuras

Como proposta de melhoria futura sugere-se a realização de um estudo sobre a possibilidade da reutilização das placas plásticas. As placas plásticas são fabricadas pelos fornecedores e possuem moldes das peças que servem para proteger as mesmas de eventuais riscos de defeitos no transporte e movimentação das mesmas. A possibilidade de uma criação de um sistema que permitisse a reutilização das placas plásticas traria ao grupo Stellantis, um significativo ganho.

Ao longo do estágio foi também observado nas zonas de *picking* outras situações que não foram abordadas no caso prático, mas que serão abordadas nas propostas de melhoria futuras sugeridas.

Sugere-se uma seleção e padronização da informação traduzida nas folhas de ordens de *picking*, visto que, a informação traduzida varia de folha em folha consoante o seu destinatário (zonas de *picking*). A variação do tipo de informação traduzida nas folhas de ordens de *picking* pode dificultar a recolha e tratamento das mesmas, e se houver uma seleção e padronização da informação traduzida nas folhas de ordens, auxilia e simplifica a recolha e tratamento de informações. Também se sugere a atualização da informação traduzida para o sistema de *picking*, visto que foram observadas situações de indicações de recolha de quantidades incorretas de peças que apenas não são recolhidas devido ao grau de experiência e informação obtida pelo operador. Estas situações podem levar a erros de qualidade pelo que devem atualizar a informação traduzida para o sistema de *picking* de forma a prevenir defeitos.

Como última proposta de melhoria, sugere-se a instalação de um funil nas estantes das zonas onde se encontram as peças *visseries*, que englobam todas as peças cuja função é prender ou fixar uma certa peça, como os parafusos, pregos, entre outros. O atual método de recolha das peças *visseries* para serem utilizadas na linha de produção consiste no despejo das mesmas para uma caixa que é também transportada para a linha. Este procedimento faz com que

alguns dos *visseries* possam não ser colocados na caixa e caiam no chão, o que pode levar a pequenos defeitos nas peças e a conseqüentemente perda de *stocks*. A fixação de um funil nas zonas onde se encontrem as peças *visseries* pode facilitar o procedimento de recolha das mesmas e evitar perdas de *stock*.

Referências Bibliográficas

Álvarez, A. (2013). *Sistemas Prediais de Aspiração Central*. Dissertação Mestrado. Universidade Porto.

Bhattacharjee, A. (2012) *Social Science Research: Principles, Methods, and Practices*. 2nd edition. Tampa, Global Text Project. Available from: https://digitalcommons.usf.edu/oa_textbooks/3/. [Accessed 5 março 2023]

Bottani, E., Volpi, A., Montanari, R. (2019). Design and optimization of order picking systems: An integrated procedure and two case studies. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 137, PP 106035. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106035>

BPstat (2022). Análise do setor automóvel [online]. Available from: <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1296> [Accessed 28 fevereiro 2023]

Dilanthi, M. G. S (2015). Conceptual Evolution of Lean Manufacturing. *International Journal of Economics, Commerce and Management*. Volume 3, Issue 10, pp 574-585 DOI: <http://ijecm.co.uk/>

Direção-Geral das Atividades Económicas (2022). *Cadernos Setoriais| O setor automóvel em Portugal, 2010-2020* [online]. Available from: <https://www.dgae.gov.pt/comunicacao/destaques/cadernos-setoriais-o-setor-automovel-em-portugal-2010-2020.aspx> [Accessed 2 março 2023]

Ebrahimi, M., Baboli, A., Rother, E. (2018). “A Roadmap for evolution of existing production system toward the factory of the future: A case study in automotive industry”. *2018 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)* [online], pp. 274-281, DOI: 10.1109/ITMC.2018.8691276.

Erasmus Research Institute of Management- ERIM (2023). *Routing Strategies* [online]. Available from: <https://www.erim.eur.nl/material-handling-forum/research-education/tools/calc-order-picking-time/what-to-do/routing-strategies/> [Accessed 15 fevereiro 2023]

Fager, P., Hanson, R., Medbo, L., Johansson, I. M. (2019). Kit preparation for mixed model assembly – Efficiency impact of the picking information system. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 129, PP 169-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.034>

Freitas, M. A., Silva, G.J.F., Ferreira, P.L., Sá, C.J., Pereira, T.M., Pereira, J. (2019). Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case study. *Procedia Manufacturing*. Volume 38, PP 1074-1084. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.195>

IVAC Industrial Vacuum Systems Ltd. (2018). *Complete Guide to Industrial Vacuum Systems* [online]. Available from: <https://industrialvacuumunit.com/complete-guide-to-industrial-vacuum-systems/> [Accessed 20 fevereiro 2023]

Kumar, N., Hasan, S. S., Srivastava, K., Akhtar, R., Yadav, K. R., Choubey, K. V. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*. Volume 64. PP 1188-1192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>

Lolli, F., Lodi, F., Gilberti, C., Coruzzolo, M. A., Marinello, S. (2022). Order Picking Systems: A Queue Model for Dimensioning the Storage Capacity, the Crew of Pickers, and the AGV Fleet. *Mathematical Problems in Engineering*. Volume 2022, PP 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/6318659>

Montanari, R., Micale, R., Bottani, E., Volpi, A., La Scalia, G. (2021). Evaluation of routing policies using an interval-valued TOPSIS approach for the allocation rules. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 156, PP 107-256, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107256>

Orsato, R. J., Wells, P. (2007). U-turn: the rise and demise of the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*. Volume 15, Issue 0959-6526, PP 994-1006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.05.019>

PORDATA (2023). *Macroeconomia| Preços e Deflatores* [online]. Available from: [https://www.pordata.pt/portugal/taxa+de+inflacao+\(taxa+de+variacao+do+indice+de+precos+no+consumidor\)+total+e+por+consumo+individual+por+objetivo-2315](https://www.pordata.pt/portugal/taxa+de+inflacao+(taxa+de+variacao+do+indice+de+precos+no+consumidor)+total+e+por+consumo+individual+por+objetivo-2315) [accessed 2 maio 2023]

Psa Groupe (2023). *Mangualde* [online]. Available from: <https://site.groupe-psa.com/mangualde/pt-pt/> [accessed 5 março 2023]

Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento *Revista EAN*, Volume 82, pp.175-195. DOI: <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>

Scholz, A., Schubert, D., Wäscher, G. (2017). Order picking with multiple pickers and due dates – Simultaneous solution of Order Batching, Batch Assignment and Sequencing, and Picker Routing Problems. *European Journal of Operational Research*. Volume 263, PP 461-478. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.038>

Sotek Industrial Solutions (2023). *Products| Pneumatics| Vacuum Generator-Pneumatic Pumpsets| Vacuum Jet* [online]. Available from: <https://www.sotekshop.com/en/prod/vuototecnica/cx50> [accessed 2 maio 2023]

Stellantis (2023). *Company | Purpose and Values* [online]. Available from: <https://www.stellantis.com/en/company/purpose-and-values> [accessed 5 março 2023]

Tappia, E., Roy, D., Melacini, M., De Koster, R. (2019). Integrated storage-order picking systems: Technology, performance models, and design insights. *European Journal of Operational Research*. Volume 274, PP 947-965. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.048>

Van Gils, T., Ramaekers, K., Braekers, K., Depaire, B., Caris, A. (2018). Increasing order picking efficiency by integrating storage, batching, zone picking and routing policy decisions. *International Journal of Production Economics*. Volume 197, PP 243-261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.021>

Vijayakumar, V., Sgarbossa, F. (2021). A literature review on the level of automation in picker-to-parts order picking system: research opportunities. *IFAC-PapersOnLine*. Volume 54. PP 438-443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.050>

Vuototecnica (2023). *Products* [online]. Available from: <https://www.vuototecnica.net/products.php?q=cx50> [Accessed 2 maio 2023]

Winkelhaus, S., Grosse, H. E., Morana, S. (2021). Towards a conceptualisation of Order Picking 4.0. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 159, PP 107511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107511>

Winkelhaus, S., Zhang, M., Grosse, H. E., Glock, H. C. (2022). Hybrid order picking: A simulation model of a joint manual and autonomous order picking system. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 167, Issue 0360-8352, PP 107-981. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.107981>