



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Wu Seong Lai

**ANÁLISE E MELHORIA DA ATIVIDADE DE
PICKING PARA O ABASTECIMENTO DA
PRODUÇÃO**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial
orientada pelo Professor Doutor Cristóvão Silva e apresentada ao
Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra**

Setembro de 2022



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise e melhoria da atividade de *picking* para o abastecimento da produção

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Analysis and improvement of picking activity for production supply

Autor

Wu Seong Lai

Orientador

Professor Doutor Cristóvão Silva

Júri

| | |
|------------|--|
| Presidente | Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra |
| Vogais | Professor Doutor Telmo Pinto Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra |
| Orientador | Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Associado da Universidade de Coimbra |

Colaboração Institucional

TRIDEC

TRIDEC – Sistemas
direcionais para semi-
reboques Lda

Coimbra, Setembro, 2022

Nada na vida deve ser temido, somente compreendido.
Agora é hora de compreender mais, para que tenhamos menos medo.

Marie Curie.

Aos meus pais

Agradecimentos

Agradeço a todos que fizeram parte e colaboraram com o meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço sobretudo à minha família que me deram apoio incondicional ao longo desta caminhada.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo a análise e melhoria da atividade de *picking* no contexto de abastecimento de células de montagem de sistemas e componentes complexos. A otimização do *picking* exige a alteração do seu desenho, o que implica a melhoria de fatores internos e externos que influenciam o seu desempenho. No âmbito desta dissertação, os fatores externos são considerados como incontroláveis e, portanto, uma série de melhorias foi proposta ao nível interno.

De forma a alcançar o principal objetivo desta dissertação, objetivos secundários foram propostos. Esses objetivos estão relacionados aos fatores internos e são aplicáveis ao armazém em estudo: alteração na política de atribuição de localização aos materiais no armazém, adoção de uma metodologia de loteamento de pedidos e otimização da política de *routing*. Adicionalmente foram propostas melhorias ao nível dos sistemas de informação e nas metodologias de trabalho.

Finalmente, um estudo de caso numérico é apresentado de forma a ilustrar o impacto das propostas de melhoria no desempenho do *picking*. Para isso, foram criados cenários para avaliar o impacto de cada proposta na distância percorrida durante o aviamento de material. Os resultados mostram que, para o caso em estudo, a alteração da política de *routing* para o método S-Shape tem o maior impacto no indicador de desempenho, entretanto, a combinação entre todas as propostas de melhoria apresenta o melhor resultado.

A adoção do armazenamento em famílias possibilitou também o loteamento de *jobs* do mesmo tipo, uma vez que estes *jobs* possuem a mesma estrutura de material (mesmas famílias). Desta forma, com a implementação do loteamento foi possível reduzir em 50% a distância percorrida durante o *picking*. Outras propostas de melhorias não tiveram o impacto quantificado, entretanto devem contribuir para dar mais consistência ao método de trabalho.

Palavras-chave: *Picking*, abastecimento da produção, política de *routing*, loteamento, atribuição de localização, armazém.

Abstract

This work aims to analyze and improve the picking activity in the context of supplying cells for assembly of complex systems and components. Optimizing picking requires changing its design, which implies improving the internal and external factors that influence its overall performance. Within the scope of this work, the external factors are considered uncontrollable and, therefore, a series of improvements were proposed at the internal level.

To achieve the main objective of this work, secondary objectives were proposed. These objectives are related to internal factors and are applicable to the warehouse under study: change in the policy for assigning location to materials in the warehouse, adoption of an order batching methodology and optimization of routing policy. Additionally, improvements were proposed in terms of information systems and work methodologies.

Finally, a numerical case study is presented to illustrate the impact of the improvement proposals on picking performance. For this, scenarios were created to evaluate the impact of each proposal on the distance traveled during the delivery of materials. The results show that, for the case under study, changing the routing policy to the S-Shape method has the greatest impact on the performance indicator, however, the combination of all the improvement proposals presents the best result.

The adoption of family-grouping also made it possible to batch jobs of the same type, since these jobs have the same material structure (same families). Thus, with the implementation of batching, it was possible to reduce the distance traveled during picking by 50%. Other improvement proposals did not have a quantified impact, however they should contribute to give more consistency to the work method.

Keywords Picking, production supply, routing policy, batching, location assignment, warehouse.

Índice

| | |
|--|------|
| Índice de Figuras | viii |
| Índice de Tabelas..... | x |
| Siglas | xi |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Motivação | 2 |
| 1.2. Objetivos..... | 2 |
| 1.3. Metodologia..... | 3 |
| 1.4. Estrutura da dissertação | 3 |
| 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO | 5 |
| 2.1. Armazém | 5 |
| 2.1.1. Tipos de armazém | 5 |
| 2.1.2. Processos do armazém | 7 |
| 2.1.3. Sistema de gestão de armazém..... | 7 |
| 2.2. <i>Order picking</i> | 9 |
| 2.2.1. Classificação de <i>order picking</i> | 10 |
| 2.2.2. Loteamento de pedidos..... | 12 |
| 2.2.3. Localização no armazém | 13 |
| 2.2.4. Métodos de <i>routing</i> | 14 |
| 2.3. Conclusão | 17 |
| 3. ESTUDO DE CASO | 19 |
| 3.1. Apresentação da empresa | 19 |
| 3.1.1. Família de produtos | 19 |
| 3.1.2. Processo produtivo | 24 |
| 3.1.3. Atividades do armazém..... | 27 |
| 3.1.4. Características do armazém..... | 28 |
| 3.2. Descrição do problema | 30 |
| 4. PROPOSTAS | 32 |
| 4.1. Atribuição de localização | 32 |
| 4.2. Loteamento de pedidos | 45 |
| 4.3. Características do sistema..... | 47 |
| 4.3.1. Sistema <i>parts-to-picker</i> | 48 |
| 4.3.2. Automatização de processos e sistemas de informação | 53 |
| 4.4. Política de <i>routing</i> | 55 |
| 5. CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS | 63 |
| 5.1. Conclusões..... | 63 |
| 5.2. Propostas futuras..... | 64 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 65 |
| ANEXO A | 68 |

| | |
|------------------|----|
| APÊNDICE A | 73 |
| APÊNDICE B..... | 81 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Sequência de ações a serem executadas | 3 |
| Figura 2.1. Complexidade dos sistemas de <i>order picking</i> (Goetschalckx e Ashayeri, 1989) | 10 |
| Figura 2.2. Classificação dos sistemas de <i>picking</i> (De Koster, 2004) | 11 |
| Figura 2.3. Situação de <i>order picking</i> e a sua representação gráfica (De Koster <i>et al.</i> , 2001) | 15 |
| Figura 2.4. Métodos de <i>routing</i> para armazéns de bloco único (Roodbergen e De Koster, 2001) | 16 |
| Figura 2.5. Distribuição típica dos tempos de <i>order picking</i> (Tompkins <i>et al.</i> , 2013) | 17 |
| Figura 3.1. Proporção dos tipos de sistemas produzidos na Tridec nas semanas 13 e 14 de 2022 | 20 |
| Figura 3.2. Tipos de sistemas direcionais produzidos na Tridec | 21 |
| Figura 3.3. Sistema TD com 1 eixo direcional (fonte: Catálogo Tridec 2014) | 21 |
| Figura 3.4. Componentes de um sistema HF (fonte: Catálogo Tridec 2016) | 22 |
| Figura 3.5. Tipos de suspensões produzidas pela Tridec | 23 |
| Figura 3.6. Tipos de <i>jobs</i> de montagem | 25 |
| Figura 3.7. Exemplo de <i>job</i> do pavilhão 1 e as sequências de operações | 25 |
| Figura 3.8. Média de <i>assemblies</i> e referências por tipo de sistema | 26 |
| Figura 3.9. <i>Layout</i> do armazém | 29 |
| Figura 3.10. Diagram de causa e efeito | 31 |
| Figura 4.1. Distribuição de cilindros e <i>steering beams</i> pelo armazém | 33 |
| Figura 4.2. Famílias de produtos para os sistemas direcionais | 39 |
| Figura 4.3. Etiqueta de identificação do material | 41 |
| Figura 4.4. Etiqueta de identificação com a família de produto | 41 |
| Figura 4.5. Número de paletes por família nos bins CAXY, CBXY, CCXY e CDXY | 42 |
| Figura 4.6. Número aproximado de paletes por tipo de família | 43 |
| Figura 4.7. Distribuição das famílias pelo armazém | 44 |
| Figura 4.8. Tipos de <i>fifth wheel</i> em sistemas mecânicos (fonte: Catálogo Tridec 2016) | 46 |
| Figura 4.9. Tipos de <i>fifth wheel</i> em sistemas hidráulicos (fonte: Catálogo Tridec 2016) | 46 |
| Figura 4.10. Fluxograma das decisões sobre loteamento | 47 |
| Figura 4.11. Materiais arrumados em estantes do segundo piso | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.12. Bins visitados (cinza) durante o <i>picking</i> de um <i>job</i> HF-E, antes das propostas de melhoria. | 49 |
| Figura 4.13. Especificações do Kardex | 50 |
| Figura 4.14. Diagrama de Pareto. | 51 |
| Figura 4.15. <i>Layout</i> do armazém com a estrutura Kardex..... | 52 |
| Figura 4.16. <i>Dashboard</i> de <i>jobs</i> aviados ou por aviar..... | 54 |
| Figura 4.17. <i>Picklist</i> com a implementação do código de barras | 54 |
| Figura 4.18. Leitor de código de barras e ecrã. | 55 |
| Figura 4.19. Diagrama de Spaghetti de um <i>job</i> TR..... | 57 |
| Figura 4.20. Diagrama de Spaghetti de um <i>job</i> mecânico TR com S-Shape. | 60 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 4.1. <i>Assemblies</i> de um job hidráulico HF-E. | 34 |
| Tabela 4.2. <i>Assemblies</i> de um job hidráulico HS. | 35 |
| Tabela 4.3. <i>Assemblies</i> de um job hidráulico HF. | 36 |
| Tabela 4.4. <i>Assemblies</i> de um job mecânico TR. | 37 |
| Tabela 4.5. <i>Assemblies</i> de um job mecânico TR-X. | 37 |
| Tabela 4.6. <i>Assemblies</i> de um job mecânico TD-X. | 38 |
| Tabela 4.7. <i>Assemblies</i> de um sistema mecânico TF. | 38 |
| Tabela 4.8. <i>Assemblies</i> de um sistema EF-S. | 38 |
| Tabela 4.9. Materiais da frequência acumulada (35%) | 51 |
| Tabela 4.10. <i>Picklist</i> de um <i>job</i> mecânico TR. | 56 |
| Tabela 4.11. <i>Picklist</i> de um <i>job</i> mecânico TR com S-Shape | 59 |
| Tabela 4.12. Comparação entre o desempenho de cada cenário | 61 |
| Tabela 4.13. Distâncias percorridas com e sem loteamento | 62 |

SIGLAS

AS/RS – Automated Storage and Retrieval System

BOM – Bill of Materials

COI – Cube-per-Order Index

ERP – Enterprise Resource Planning

FIFO – First In First Out

JIT – Just in Time

PO – Purchase Order

WIP – Work in Process

WMS – Warehouse Management System

1. INTRODUÇÃO

Os modelos atuais de produção caminham no sentido de reduzir o tamanho dos lotes, aumentar o nível de personalização dos pedidos e dos produtos e a redução do tempo de ciclo e *lead time*. Em relação à logística, as empresas têm aumentado a flexibilidade, através da antecipação de pedidos, com o envio e distribuição de produtos em espaços de tempo cada vez menores. Neste contexto, a logística interna assume um papel crítico na otimização dos processos, com imensas oportunidades de melhoria.

A logística interna está estritamente relacionada ao armazenamento e este está relacionado a diversos processos logísticos como a receção de material, a atribuição de localização e arrumação do material no armazém e o *order picking*. O *order picking* consiste na recolha de materiais ou produtos do armazém de forma a satisfazer um determinado pedido do cliente. A atividade de *picking* tem assumido um papel cada vez mais importante na cadeia de abastecimento tanto da perspetiva interna (com o abastecimento da produção) como da perspetiva da distribuição de produto acabado ao cliente.

De facto, o *order picking* pode representar mais de 50% dos custos associados ao armazém, sendo uma atividade intensiva em termos laborais e, portanto, tem significativo impacto nos custos logísticos e no nível de serviço disponibilizado ao cliente. No contexto de abastecimento da produção, existem imensas oportunidades de melhoria (e oportunidades para a execução de erros) entre o tempo em que um pedido é lançado ao armazém e o tempo em que este é entregue à produção (Dallari *et al.*, 2009).

A indústria tem procurado otimizar a atividade de *picking* através de soluções tecnológicas como os sistemas automáticos de recolha de material. De forma semelhante, é crescente o número de pesquisas académicas sobre o *order picking*. Novos problemas foram estudados e novos modelos foram desenvolvidos. Entre os problemas relacionados ao *picking* é possível citar a política de armazenamento, a política de loteamento e a política de *routing*. Apesar disso, existe ainda uma lacuna entre a pesquisa académica e a prática.

Neste contexto, a presente dissertação foi elaborada com o objetivo de estudar e otimizar o sistema de *order picking* para o abastecimento da produção de uma empresa da indústria metalomecânica (Tridec). De forma a alcançar este objetivo, foi redefinida a

estratégia de distribuição de materiais pelo armazém, o loteamento de pedidos e a atribuição de rotas. Foram também introduzidas algumas melhorias nas características do *picking* e nos sistemas de informação que contribuem para a otimização da atividade de *picking*.

1.1. Motivação

A intensa disputa por mercado obriga as organizações a melhorarem continuamente as suas operações, o que implica a necessidade do aumento de desempenho nos armazéns. A adoção de filosofias como o Just-In-Time e produção lean trazem novos desafios para os sistemas de gestão do armazém, o que inclui tempos de resposta mais curtos. Isso é especialmente importante em sistemas *job shop* onde a produção ocorre em pequenos lotes com uma grande variedade de produtos como é o caso da Tridec.

Neste contexto, o *order picking*, por representar mais de 50% dos custos associados à operação do armazém, apresenta-se como uma grande oportunidade de melhoria. Adicionalmente, o facto da atividade de *picking* ter como propósito o abastecimento de células de montagem de sistemas complexos, torna esta atividade mais desafiadora.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é aumentar a eficiência da atividade de *picking* de uma empresa da indústria metalomecânica. A otimização do *picking* deve passar pela alteração do seu desenho e isso inclui os fatores internos e externos que influenciam o seu desempenho. Assume-se que os fatores externos (canais de *marketing*, padrão de procura dos clientes, padrão de reabastecimento e níveis de inventário dos fornecedores) são incontroláveis no âmbito desta dissertação, ficando a análise restrita aos fatores internos à organização.

Portanto, de forma a alcançar o principal objetivo desta dissertação objetivos secundários devem ser estabelecidos e cumpridos. Esses objetivos devem estar relacionados aos fatores internos e devem ser compatíveis com as características do armazém em estudo. Desta forma os objetivos são a alteração da metodologia de atribuição de localização de um material no armazém, adoção de uma metodologia de loteamento de pedidos, otimização da

política de *routing*, facilitar a identificação e recolha de material e criar metodologias de trabalho mais consistentes.

1.3. Metodologia

Para a realização desta dissertação foi necessário estabelecer uma sequência de ações a serem executadas (figura 1.1).

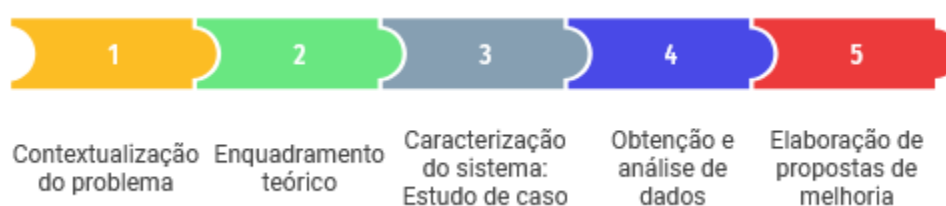


Figura 1.1. Sequência de ações a serem executadas.

A contextualização do problema é a primeira etapa de todo o processo. Nesta etapa, através de observação direta das operações realizadas no armazém, das operações de montagem e entrevistas não estruturadas, é definido o caminho a ser seguido. A fase seguinte é representada pelo enquadramento teórico, onde são estabelecidas as bases para as propostas de melhoria.

A dissertação segue com a caracterização do sistema, onde são avaliados os sistemas produtivos e de gestão do armazém em estudo. Nesta etapa são evidenciados os principais problemas que contribuem para a ineficiência do *picking*. A quarta etapa, representada pela obtenção e análise de dados, em conjunto com o enquadramento teórico, dão sustentação às propostas de melhoria. A obtenção dos dados foi feita a partir do sistema ERP e observações diretas. A última etapa consiste na elaboração das propostas de melhoria.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo é de caráter introdutório, no qual é realizada uma explanação sobre o tema abordado, os objetivos que se pretende alcançar e a metodologia utilizada. No segundo capítulo é realizado o enquadramento teórico, onde são abordados os conceitos relacionados ao armazém e mais especificamente relacionados ao *order picking*. Neste capítulo são formadas as bases para as propostas de melhoria.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa alvo do estudo de caso. Neste capítulo são apresentadas as principais características da empresa, os produtos acabados, o processo produtivo e o sistema de armazenagem. Através destas informações é apresentada uma descrição do problema abordado nesta dissertação. No quarto capítulo é apresentado o estado atual da empresa e são desenvolvidas as propostas de melhoria. No quinto capítulo são apresentadas as conclusões sobre o projeto desenvolvido e são sugeridas algumas propostas de trabalhos futuros.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo são estabelecidas as bases para a dissertação. É analisado o estado da arte de temas intrinsecamente relacionados ao tema definido nesta dissertação: armazém e *order picking*. Este capítulo está dividido em três subcapítulos: armazém, *order picking* e conclusão.

2.1. Armazém

Os armazéns são componentes essenciais em qualquer cadeia de abastecimento. As suas principais funções incluem a criação de buffers no fluxo de materiais ao longo da cadeia de abastecimento, de forma a acomodar a variabilidade causada por fatores como a sazonalidade de produtos, loteamento e transporte da produção, consolidação de produtos de diversos fornecedores para entrega combinada ao cliente e atividades de valor agregado como etiquetagem e personalização (Gu *et al.*, 2007).

A competição de mercado obriga as empresas a melhorarem continuamente no desenho e operação das suas redes de produção e distribuição, o que resulta na necessidade do aumento de desempenho nos armazéns. A adoção de filosofias como o Just-In-Time (JIT) ou produção lean traz novos desafios para os sistemas do armazém, o que inclui controlo de *stock* mais rigoroso, tempos de resposta mais curtos e maior variedade de produtos. Por outro lado, o surgimento e amadurecimento das tecnologias de informação como o código de barras, as comunicações de rádio frequência (RF) e os sistemas de gestão de armazéns (*Warehouse Management Systems*) proporcionam novas oportunidades de melhoria. Estas oportunidades incluem o controlo das operações do armazém em tempo real, facilidade de comunicação ao longo da cadeia de abastecimento e maiores níveis de automação (Gu *et al.*, 2007).

2.1.1. Tipos de armazém

Segundo Frazelle (2002), existem 8 tipos de armazém: armazém de matéria-prima, armazém de WIP (*work-in-process*), armazém de produtos acabados, armazém de

inventário sazonal, armazém de distribuição, armazém alfandegado, armazém público e armazém de contrato.

- Armazém de matéria-prima: são armazéns que guardam inventário próximo ou dentro da fábrica. São armazéns que oferecem suporte à produção a partir do abastecimento de matéria-prima.
- Armazém de WIP: são armazéns que mantêm inventário dentro ou próximo à fábrica. Servem principalmente como *buffers* de variabilidade entre a produção e a procura.
- Armazém de produto acabado: tipicamente armazenam grandes quantidades de produto acabado a espera de transporte para os centros de distribuição.
- Armazém de inventário sazonal (*overflow warehouse*): localizados tipicamente próximos aos armazéns principais, frequentemente armazenam inventários sazonais e operados por subcontratação.
- Armazém de distribuição: são armazéns localizados muito mais próximos aos clientes quando comparados aos armazéns principais. Os armazéns de distribuição ou centros de distribuição são responsáveis pela receção de produtos a partir de diversos armazéns e abastecem os clientes no mesmo ou próximo dia. O ponto de entrega do centro de distribuição determina o seu nome. Os centros de distribuição ao domicílio entregam diretamente ao cliente final. Os centros de distribuição do retalho entregam aos retalhistas. Existem ainda centros de distribuição que fazem um mix entre domicílios e retalhistas. Centros de distribuição *cross-dock* não armazenam produtos, apenas misturam e separam.
- Armazém alfandegado: são armazéns que permitem a armazenagem de produtos importados ou destinados à exportação sem a necessidade de pagamento de impostos aduaneiros.
- Armazém público: são armazéns que permitem às empresas alugarem um espaço para a armazenagem de produtos. Os custos são baseados na quantidade de produtos armazenados (área ocupada), na duração do serviço ou outros serviços prestados.

- Armazém de contrato: são armazéns que armazenam produtos em comum acordo com um cliente. O cliente e o armazém estabelecem um contrato que pode durar alguns meses ou anos.

2.1.2. Processos do armazém

Segundo Rouwenhorst *et al.* (2000), o fluxo de materiais pelo armazém pode ser dividido em diversas etapas ou processos distintos: processo de receção, processo de armazenamento, *order picking* e *shipping*. O processo de receção é o primeiro encontrado por um produto que chega ao armazém. Os produtos podem chegar por transporte externo (e.g. camião) ou por transporte interno (no caso de um armazém de produção). Nesta etapa, os produtos são avaliados, podem ser transformados (reembalados em diferentes unidades de armazenamento) e são transportados para o próximo processo. Segundo Frazelle (2002), a receção envolve uma série de atividades: descarregar e assegurar a receção da quantidade e qualidade esperada.

No processo de armazenamento os produtos são armazenados em locais previamente definidos ou aleatoriamente escolhidos. A área de armazenagem pode ainda ser dividida em duas partes: *reserve area* e *forward area*. O *reserve area* consiste na forma mais económica de armazenamento, onde os produtos são armazenados em grande volume. O *forward area* constitui-se numa área onde as operações de *picking* são facilitadas. Os produtos nesta área são armazenados em pequenas quantidades em módulos de fácil acesso. O reabastecimento do *forward area* ocorre através da transferência de produtos do *reserve area*.

O *order picking* refere-se às operações de recolha de produtos do armazém. Estas operações podem ser manuais ou (parcialmente) automáticas. Após o *picking*, os produtos podem ir para o processo de separação ou consolidação. A consolidação refere-se ao agrupamento de produtos destinados ao mesmo cliente. No processo de *shipping*, os produtos são embalados, conferidos e eventualmente carregados em camiões, comboios ou outro meio de transporte.

2.1.3. Sistema de gestão de armazém

O WMS (*Warehouse Management System*) é um sistema que permite às organizações manterem registos das localizações dos materiais e produtos no armazém,

permite a gestão de inventário e a otimização das atividades relacionadas ao armazém. O sistema de gestão de armazém permite a integração ao Enterprise Resource Planning (ERP), ao sistema de código de barras e aos sistemas de rádio frequência (Atieh *et al.*, 2016).

O propósito básico dos sistemas de gestão de armazém é a gestão eficiente dos processos característicos de um armazém. O WMS é concebido de forma a reduzir os custos operacionais. É um sistema destinado a empresas que procuram receber e enviar mercadorias, mantendo uma ótima utilização de espaço e garantindo a rastreabilidade dos produtos (Anđelković e Radosavljević, 2018).

Anđelković e Radosavljević (2018) distribuem os benefícios da implementação do WMS em três grupos: o nível da informação, o nível operacional e o nível do produto/material. Ao nível da informação os indicadores são o aumento da fiabilidade dos dados, melhoria na partilha de informação entre parceiros numa cadeia de abastecimento, melhor precisão na determinação dos tempos de partida e chegada do material. Ao nível operacional, os benefícios são o reduzido manuseio de material, controlo de qualidade, continuidade no abastecimento e produção, custos e mão de obra reduzida. Ao nível do material/produto estão a melhoria no rastreamento, otimização na utilização de espaço, redução de *stockouts* e níveis mais baixos de inventário.

Segundo Ramaa *et al.* (2012), o sistema de gestão de armazém pode ser distribuído em três tipos:

- WMS básico: esse sistema está apto a suportar apenas o *stock* e controlo de localização. É usado principalmente para o registo de informações, sendo ainda possível gerar instruções de armazenamento e *picking*. A gestão da informação é simples, focando-se principalmente no *throughput*.
- WMS avançado: além das funcionalidades oferecidas pelo WMS básico, o WMS avançado permite o planeamento de recursos e atividades e sincronizá-los com o fluxo de bens pelo armazém. Esse WMS foca-se no *throughput*, *stock* e capacidade de análise.
- WMS complexo: com esse WMS, o armazém ou um conjunto de armazéns podem ser otimizados. Estão disponíveis informações sobre cada produto, a localização, o destino (ponto de consumo), o planeamento, execução e controlo. O WMS complexo fornece

funcionalidades como logística, o que permite a otimização do armazém como um todo.

2.2. Order picking

O *order picking* é uma das atividades básicas em sistemas logísticos e de distribuição física. Pode ser definido como a atividade pela qual uma pequena quantidade de produto é retirada do sistema de armazenamento para satisfazer um número independente de ordens de cliente. O processo de retirada dos materiais requer a identificação, seleção, recolha e embalagem dos materiais (Goetschalckx e Ashayeri, 1989).

Segundo De Koster *et al.* (2007), *order picking* tem sido identificado como a atividade mais intensiva em termos laborais e financeiros para quase todos os armazéns. O custo do *order picking* é estimado em 55% dos custos operacionais de um armazém. Um baixo desempenho no *order picking* pode induzir níveis de serviço insatisfatórios e altos custos operacionais para o armazém e conseqüentemente para toda a cadeia de abastecimento.

As operações de *order picking* variam intensamente em complexidade e sofisticação. Alguns sistemas utilizam automação, enquanto outros são puramente manuais. Entretanto, todos os sistemas se deparam com o clássico *trade off* entre o desempenho operacional e os correspondentes custos operacionais. Entre alguns *trade offs* é possível citar a escolha entre a automação ou *picking* manual, espaço de armazenamento ou *throughput*, custo de *picking* ou *throughput* (Goetschalckx e Ashayeri, 1989).

Segundo Broulias *et al.* (2005), a otimização do processo de *order picking* incluem a otimização da duração das seguintes etapas:

1. Tempo de viagem necessário para o *picker* chegar ao ponto de recolha.
2. Tempo gasto na procura dos produtos.
3. Tempo necessário para a recolha dos produtos nas suas respetivas localizações.
4. Tempo necessário para o retorno do *picker* ao ponto de distribuição.

O desenho de um sistema real de *order picking* é geralmente complexo devido ao amplo espectro de fatores externos e internos que influenciam o seu desempenho. Segundo Goetschalckx e Ashayeri (1989), os fatores externos que influenciam as escolhas

sobre *order picking* são canais de *marketing*, o padrão de procura dos clientes, padrão de reabastecimento e níveis de inventário dos fornecedores.

Entre os fatores internos estão as características do sistema (nível de mecanização, disponibilidade de informação e dimensão do armazém), organização e políticas de operação dos sistemas de *order picking*. A organização e as políticas de operação incluem cinco fatores: *routing*, armazenamento, loteamento, *zoning* e modo de lançamento das ordens. A figura 2.1 mostra o nível de complexidade dos sistemas de *order picking* medida a partir da origem dos eixos. Quanto mais distante da origem o sistema estiver, mais difícil será o seu desenho e controlo.

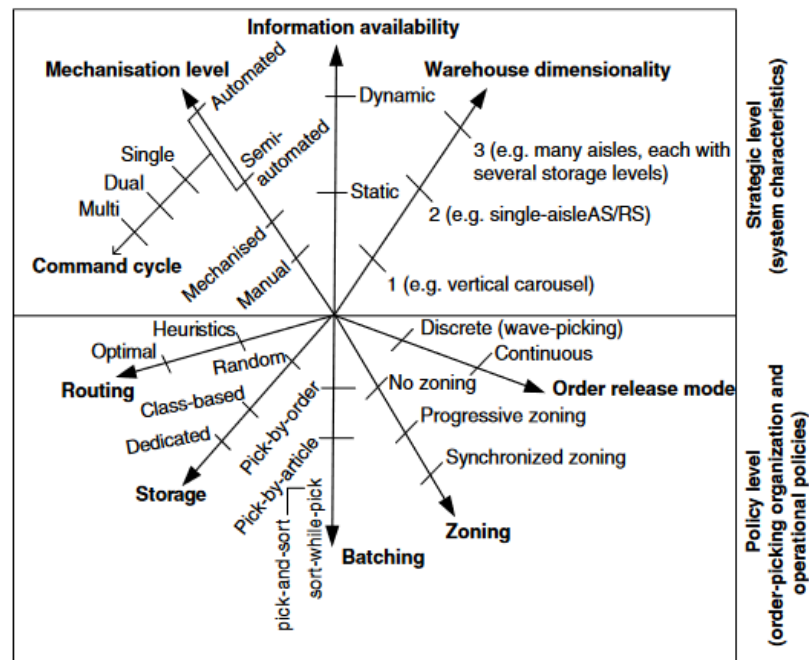


Figura 2.1. Complexidade dos sistemas de *order picking* (Goetschalckx e Ashayeri, 1989).

Quatro problemas de planeamento podem ser diferenciados em relação ao *order picking*: distribuição dos materiais pelo armazém, o loteamento de pedidos, o *picking* por zonas e a atribuição de rotas (Yu e De Koster, 2009).

2.2.1. Classificação de *order picking*

Frequentemente, múltiplos sistemas de *order picking* são implementados num único armazém. De Koster (2004) classifica *order picking* em cinco tipos (figura 2.2): *picker-to-parts*, *put system*, *parts-to-picker*, *automated picking* e *picking robots*.

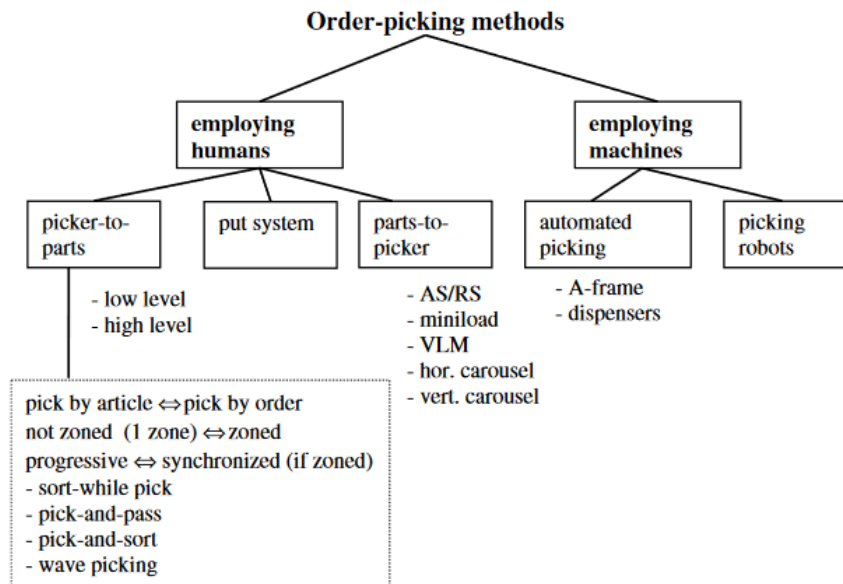


Figura 2.2. Classificação dos sistemas de *picking* (De Koster, 2004).

No sistema *picker-to-parts*, o responsável pelas operações de *picking* caminha ou conduz um veículo, como um empilhador, ao longo dos corredores para fazer a recolha dos produtos. Este é o sistema mais usado em armazéns. O *picker-to-parts* pode ser dividido em dois tipos: *low level* e *high level*. No sistema *low level*, o operador recolhe os produtos das prateleiras enquanto percorre os corredores do armazém. No sistema *high level*, o operador, a bordo de um sistema de deslocamento automático que para a frente do local apropriado para o *picking*, faz a recolha do material.

O sistema *picker-to-parts* pode apresentar algumas variações como o *pick-by-article*, onde múltiplas ordens de cliente são preparadas ao mesmo tempo por um operador. Há ainda a possibilidade de fazer o *picking* de múltiplas ordens e separá-las enquanto o *picking* é feito (*sort-while-pick*) ou após a sua conclusão (*pick-and-sort*). Outra variante é a separação do armazém em zonas (*zoning*) e em cada zona há um responsável pelo *picking*.

A depender da estratégia de *picking*, o *zoning* pode ser classificado em dois tipos: *progressive zoning* e *synchronised zoning*. No *progressive zoning*, o *picking* começa numa zona e é passada para outra para a sua conclusão. No *synchronised zoning*, as operações de *picking* são feitas em paralelo (por dois ou mais operadores). Entre as possíveis vantagens do *zoning* está o facto de que cada operador percorrer uma área menor, o que resulta em reduzido congestionamento e familiarização dos operadores com a localização dos materiais.

O *parts-to-picker* consiste em sistemas de armazenamento automático que levam ao operador ou a uma posição definida os materiais necessários. Nesta posição, o operador faz a recolha dos materiais e o sistema volta a armazenar o restante.

O *put system* consiste num processo de recolha e distribuição. Primeiramente os materiais devem ser recolhidos do armazém através do *picker-to-parts* ou *parts-to-picker*. Estes materiais são entregues a um segundo operador, responsável pela distribuição do material consoante às ordens do cliente. Este sistema é especialmente popular em casos em que um grande número de ordens de cliente deve ser satisfeito num curto espaço de tempo.

Os sistemas automatizados ou que fazem uso de robôs são usados apenas em casos especiais e, portanto, são menos comuns. São sistemas caros que se justificam apenas em casos em que há a necessidade de armazenar materiais valiosos, pequenos e delicados.

2.2.2. Loteamento de pedidos

No problema de loteamento de pedidos, um conjunto indivisível de ordens de cliente é dado, onde cada ordem requer a recolha de uma combinação de materiais (no caso de abastecimento da produção) ou produtos do armazém. Estes pedidos devem ser agrupados em lotes de forma que a distância total percorrida pelo operador do armazém é minimizada (Scholz e Wascher, 2017).

Com o loteamento de pedidos, as ordens dos clientes são agrupadas e os seus produtos são recolhidos ao mesmo tempo durante a mesma viagem. O loteamento de pedidos pode reduzir a distância total percorrida se as ordens com pontos de recolha iguais ou próximos forem recolhidas pelo mesmo *picker* (Ho e Tseng, 2006).

Hwang *et al.* (1988) adotaram técnicas de análise de *clusters* para resolver problemas de loteamento de pedidos em sistemas AS/RS (*Automated Storage and Retrieval System*). O algoritmo agrupava as ordens baseado no coeficiente de similaridade que era definido em termos dos vetores de atributos. Choe e Sharp (1991) definiram dois critérios para o loteamento de pedidos: proximidade dos locais de *picking* e a janela de tempo.

O loteamento por proximidade atribui os pedidos a um lote baseado na localização dos pontos de *picking*. Pedidos com pontos de recolha próximos são atribuídos ao mesmo grupo. O grande desafio deste método é o estabelecimento do nível de proximidade entre pedidos (De Koster *et al.*, 2007).

Na janela de tempo, os pedidos que chegam durante o mesmo intervalo de tempo (janela de tempo) são agrupados no mesmo lote. Estas ordens são, então, processadas simultaneamente nas etapas seguintes. A vantagem deste método está na sua simplicidade, necessitando de pouco esforço de análise (Choe e Sharp, 1991).

2.2.3. Localização no armazém

Existem diversas formas de atribuir aos produtos uma localização no armazém. Frequentemente, cinco formas são encontradas na literatura: armazenamento aleatório, armazenamento mais próximo disponível, armazenamento dedicado, armazenamento com rotatividade total e armazenamento baseado em classes (De Koster *et al.*, 2007).

No armazenamento aleatório, cada palete (ou uma quantidade qualquer de produto) rececionada recebe uma localização aleatoriamente selecionada, entre todas as localizações elegíveis, com igual probabilidade. O método de armazenamento aleatório resulta em grande utilização de espaço à custa do aumento da distância percorrida. Similarmente, no método do armazenamento mais próximo disponível, o primeiro espaço de armazenamento disponível encontrado é utilizado (Fukunari e Malmborg, 2008).

No método de armazenamento dedicado, os produtos são armazenados em localizações fixas. A desvantagem deste método reside no facto de que um espaço é reservado mesmo quando não há *stock* deste produto. Adicionalmente, para cada produto um espaço deve ser alocado de forma a comportar o nível máximo de inventário. Portanto, para este método, a utilização de espaço é máxima entre todas as políticas de armazenamento. A vantagem está no facto de que os operadores se tornam mais familiarizados com a disposição dos materiais (De Koster e Neuteboom, 2001).

O armazenamento com rotatividade total distribui os produtos pelo armazém de acordo com o volume de negócios. Os produtos com maior representatividade nas vendas ou com maior número de pedidos são alocados em posições mais acessíveis. Por outro lado, produtos com menor frequência de saída são alocados em posições menos acessíveis. A principal desvantagem está na volatilidade da procura, o que resulta em constantes mudanças na distribuição dos produtos (De Koster *et al.*, 2007).

O armazenamento baseado em classes distribui os produtos entre um número definido de classes, e para cada classe é reservada uma região no armazém. Esta política de armazenamento pode combinar métodos como armazenamento aleatório e armazenamento

com rotatividade. A forma clássica de dividir os produtos em classes é através do método de Pareto (Muppani e Adil, 2008).

Gu *et al.* (2007) definem três diferentes critérios para atribuir ao produto uma localização no armazém: popularidade, inventário máximo e Cube-Per-Order Index (COI). O critério de popularidade é definido como o número de operações de *picking* por unidade de tempo. Aos produtos de maior popularidade são atribuídas localizações mais desejáveis. O critério de inventário máximo é definido como o espaço máximo alocado a uma classe de produto. Classes de produto com o menor espaço máximo alocado tem as melhores localizações no armazém. O Cube-Per-Order Index é definido pelo rácio entre o espaço máximo alocado e o número de operações de *picking* por unidade de tempo. Este critério tem em consideração a popularidade e o espaço de armazenamento necessário. Aos produtos com o menor COI são atribuídas as melhores localizações no armazém.

Há ainda a possibilidade de agrupar produtos por famílias. Produtos similares ou que são frequentemente requisitados em conjunto podem ser agrupados na mesma classe. Para agrupar produtos em família, a correlação estatística entre produtos (e.g. frequência em que aparecem na mesma ordem do cliente) deve ser conhecida ou pelo menos ser previsível (Brynzér e Johansson, 1996).

Muppani e Adil (2008), através de experiências computacionais, mostraram que o armazenamento baseado em classes resulta em custos totais menores de order picking e espaço de armazenamento quando comparado com a política de armazenamento dedicado.

2.2.4. Métodos de *routing*

O objetivo das políticas de *routing* em armazéns é fazer o sequenciamento dos materiais na *picklist* de forma a otimizar o percurso dos operadores. O problema de *routing* no *order picking* é, na verdade, um caso especial do problema do caixeiro viajante. O operador, responsável pelo *picking* dos materiais, começa numa localização no armazém, visita todos os pontos de recolha e finalmente volta para a sua localização de origem (De Koster *et al.*, 2007).

Segundo De Koster *et al.* (2007), algumas diferenças existem entre o problema clássico do caixeiro viajante e o problema de *routing* no *order picking*. Como visto na representação gráfica (figura 2.3) de um exemplo de *order picking*, um número de nós não tem de ser visitados (círculos brancos). O operador pode visitá-los, mas não é obrigado. Os

círculos pretos representam os pontos que devem ser visitados e estes pontos podem ser visitados mais que uma vez. A dificuldade de resolver problemas desse tipo reside no facto de que, geralmente, não são possíveis de resolver em tempo polinomial.

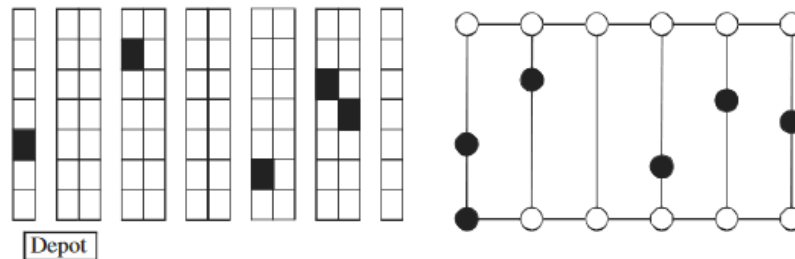


Figura 2.3. Situação de *order picking* e a sua representação gráfica (De Koster *et al.*, 2007).

Na prática, o problema de *routing* em *order picking* é resolvido principalmente através de métodos heurísticos. Isso é atribuído ao facto de que um algoritmo com a solução ideal não está disponível para todos os layouts existentes. Outra desvantagem está no facto dos algoritmos ideais não terem em conta o possível congestionamento nos corredores. Os métodos heurísticos apresentam soluções mais compreensíveis para o picker, o que facilita a sua adoção. Entre os métodos heurísticos mais comuns estão o método *S-shape*, método *return*, método *midpoint*, método *largest gap* e o método combinado (Roodbergen e De Koster, 2001).

O método *S-shape* é um método simples e frequentemente usado. Neste método, o operador a começar pelo ponto de partida percorre todos os corredores que contém produtos que devem ser recolhidos (figura 2.4). Estes corredores são percorridos apenas uma vez em uma única direção (à exceção do último corredor). Este método produz uma rota com a forma de S, o que justifica o seu nome. As vantagens deste método são a facilidade de implementação, corredores sem necessidade de recolha não são percorridos e para um grande número de ordens de cliente ou produtos a recolher apresenta resultados semelhantes ao método otimizado. As desvantagens estão na reduzida sensibilidade aos congestionamentos e a necessidade de atravessar todo o corredor mesmo em casos em que apenas um produto deve ser recolhido (Redmer, 2020).

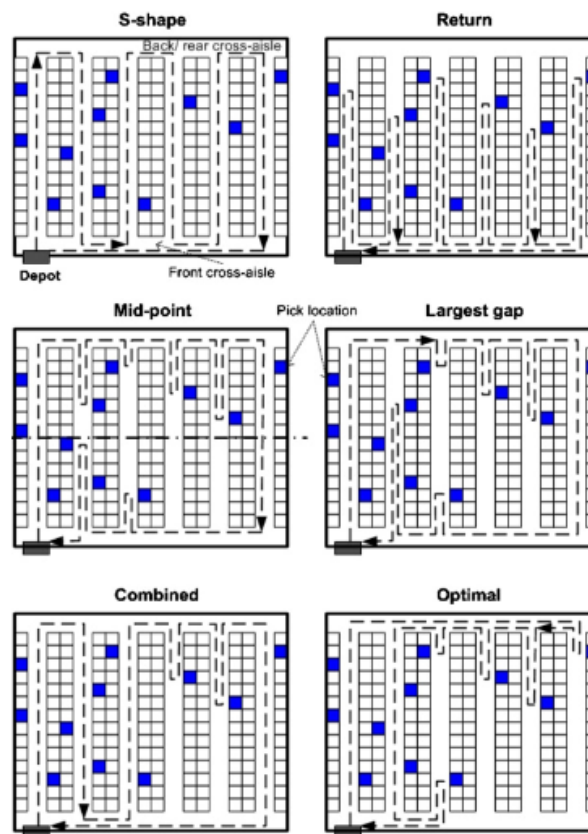


Figura 2.4. Métodos de *routing* para armazéns de bloco único (Roodbergen e De Koster, 2001).

O método *return* considera que o operador entra e sai pelo mesmo lado do corredor e só são percorridos corredores que contêm um ou mais produtos a recolher. No método *midpoint*, os corredores são divididos em duas áreas e os operadores podem ir até o ponto médio e retornar pelo mesmo lado que entrou (às exceções do primeiro e último corredor). No método *largest gap*, o *picker* percorre o corredor até ao maior *gap*. O *gap* representa a distância entre dois pontos de recolha adjacentes, em outra palavras, o maior *gap* representa a porção não percorrida pelo *picker*. Este método é especialmente útil quando o número de *picks* por corredor é pequeno (Silva *et al.*, 2020).

No método combinado os corredores são totalmente atravessados ou o *picker* pode entrar e sair pelo mesmo lado do corredor. Estas duas alternativas devem ser comparadas, resultando na escolha da menor distância entre o ponto de saída e o próximo ponto de *picking*. A escolha entre as duas alternativas é feita através de programação dinâmica (Roodbergen e De Koster, 2001).

Petersen (1997) realizou diversos experimentos numéricos comparando seis políticas de *routing*: *S-shape*, *return*, *largest gap*, *midpoint*, combinado e algoritmo

otimizado. O autor conclui que a melhor solução obtida por métodos heurísticos está em média a uma distância de 5% da solução ótima.

Segundo Tompkins *et al.* (2003) a distribuição dos tempos de *order picking* de um sistema *picker-to-parts* segue o que está representado na figura 2.5.

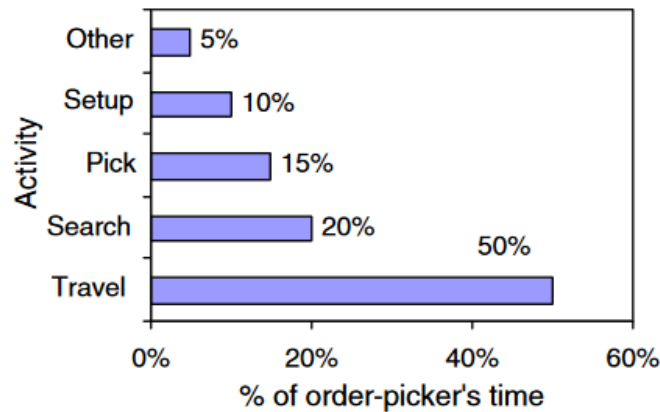


Figura 2.5. Distribuição típica dos tempos de *order picking* (Tompkins *et al.*, 2003).

Apesar de alguns estudos apontarem a importância de outros fatores no tempo total de *picking*, a distância percorrida durante o levantamento de material é geralmente o fator mais dominante. Em sistemas manuais de *picking*, o tempo de viagem é uma função crescente da distância percorrida e por consequência, esta distância é frequentemente considerada como o objetivo primário no desenho e otimização de armazéns (Petersen e Schmenner, 1999). Estes aspetos explicam o porquê da política de *routing* ser um dos problemas mais estudados no contexto de *order picking*.

2.3. Conclusão

É evidente pela revisão da literatura que o armazém assume um papel importante no fluxo de materiais pela cadeia de abastecimento. Desde a receção de material até ao *shipping* do produto acabado ao cliente. A popularização de filosofias como o Just-In-Time (JIT) e a produção lean intensifica os desafios enfrentados pelos armazéns, o que resulta na necessidade de tempos de resposta mais curtos. Nesta perspetiva, o surgimento e amadurecimento das tecnologias de automação e da informação proporcionam novas oportunidades de melhoria.

O *order picking* como uma das atividades mais básicas em sistemas logísticos tem grande impacto no desempenho dos armazéns. Por representar até 55% dos custos operacionais de um armazém, o *order picking* tem sido alvo de diversos estudos. Esses

estudos procuram otimizar o desenho de um sistema real de *order picking* e isso implica a manipulação dos fatores internos e externos que afetam o seu desempenho. Entre os fatores internos, destacam-se quatro problemas de planeamento: distribuição dos materiais pelo armazém, o loteamento de pedidos, o *picking* por zonas e a atribuição de rotas.

Apesar da dominância dos sistemas *picker-to-parts* nos armazéns, a maioria dos estudos encontrados focam-se em sistemas semiautomatizados ou automatizados. Segundo De Koster *et al.* (2007), a explicação pode estar na complexidade e diversidade do sistema *picker-to-parts*. Adicionalmente, estudos sobre sistemas *picker-to-parts* tem focado maioritariamente em atribuição aleatória de localização. O número de publicações sobre os quatro problemas de planeamento tem crescido substancialmente na última década, entretanto, ainda é reduzido o número de estudos que analisam a interdependência entre esses quatro fatores.

3. ESTUDO DE CASO

O objetivo deste capítulo é apresentar o estudo de caso através da exposição dos produtos produzidos pela empresa, do processo produtivo e da estrutura do armazém. Esta apresentação ajuda a entender os principais desafios encontrados pela empresa. Este capítulo está dividido em dois subcapítulos: apresentação da empresa e descrição do problema. No subcapítulo de apresentação da empresa são apresentados os diversos produtos fabricados, a estrutura produtiva e o sistema de gestão do armazém. No subcapítulo da descrição do problema é apresentado o problema principal abordado nesta dissertação e as suas principais causas.

3.1. Apresentação da empresa

A Tridec foi fundada na Holanda em 1990 com o objetivo de desenhar e fabricar sistemas direcionais e suspensões. Em 2001, a Tridec expande a empresa para Portugal, onde passa a produzir os componentes metálicos. A partir desse ano, a Tridec Portugal passa a produzir os componentes metálicos e a montar sistemas mais simples como as suspensões, enquanto a Tridec Holanda continuou responsável pela montagem final de sistemas especiais. Em 2008, a Tridec é adquirida pelo grupo JOST, onde passa a fazer parte de um grupo líder mundial em distribuição de componentes para camiões. Em 2021, a Tridec Portugal passa a fazer a montagem final dos sistemas especiais e expedição direta dos produtos aos clientes.

A Tridec caracteriza-se pela produção de pequenos lotes de uma grande variedade de produtos. Os produtos podem ser padronizados com a possibilidade de pequenas alterações ou totalmente desenvolvidos sob medida pelas especificações do cliente. Os desenhos dos sistemas são desenvolvidos pela Tridec e enviados aos clientes para a sua aprovação.

3.1.1. Família de produtos

A Tridec fabrica dois tipos de produtos finais: sistemas direcionais e suspensões. Estes produtos são aplicáveis à indústria de construção, agricultura, distribuição, reboques,

tanques e transporte pesado. O principal sistema produzido pela Tridec é o sistema TD (figura 3.1), que é um sistema mecânico com um ou dois eixos.

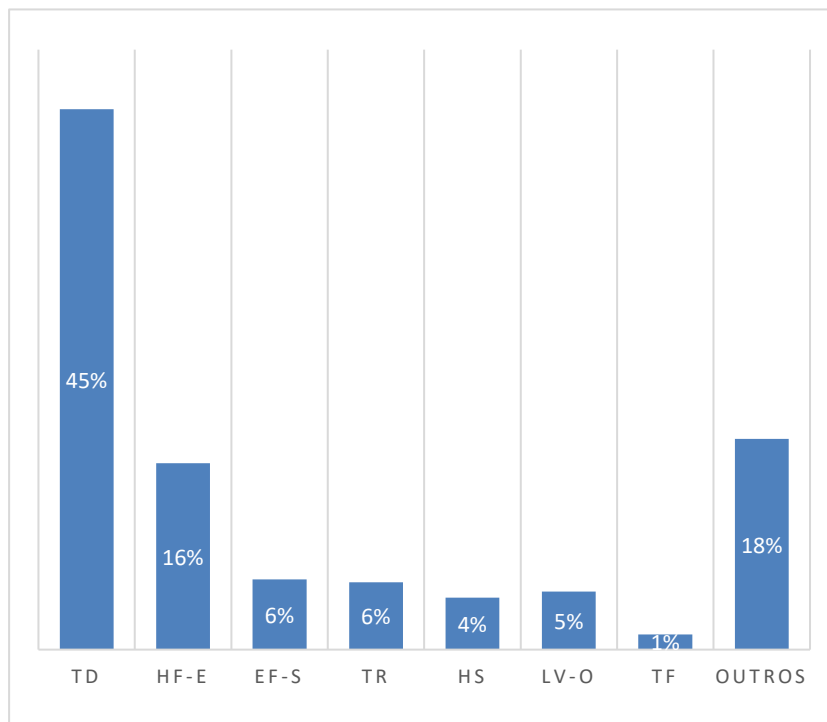


Figura 3.1. Proporção dos tipos de sistemas produzidos na Tridec nas semanas 13 e 14 de 2022.

Os sistemas hidráulicos (HF-E, HF-S, HF e HS) são também muito importantes no portfólio da Tridec. São sistemas mais caros e complexos, mas que trazem muitos benefícios ao utilizador final. Os sistemas hidráulicos são ideais para o transporte de cargas pesadas ou para veículos com alturas ou comprimentos excepcionais. As suspensões assumem também o papel de protagonista, representando aproximadamente 15% do total de sistemas vendidos pela Tridec.

3.1.1.1. Sistemas direcionais

Os sistemas de reboque produzidos pela Tridec destacam-se por serem direcionais. Esses sistemas proporcionam economia de combustível e manobrabilidade. Os sistemas direcionais podem ser de três tipos: mecânicos, hidráulicos e eletrônicos (figura

3.2). Estes sistemas podem ainda ser subdivididos em sistemas de eixo rígido e sistemas de eixo direcional.

| Sistemas Direcionais | | | | |
|----------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Mecânico | | Hidráulico | | Eletrônico |
| Eixo Rígido | Eixo Direcional | Eixo Rígido | Eixo Direcional | Eixo Direcional |
| TD | TF | HS | HF | EF-S |
| TD-X | | | HF-S | |
| TR | | | HF-E | |
| TR-X | | | | |
| TR-V | | | | |
| BTRG | | | | |

Figura 3.2. Tipos de sistemas direcionais produzidos na Tridec.

Entre os sistemas mecânicos, os TDs são os sistemas mais produzidos pela Tridec. São sistemas mecânicos usados principalmente em atividades de distribuição. O funcionamento baseia-se no direcionamento dos eixos traseiros o que permite mais manobrabilidade, economia em combustível e menos desgaste das rodas. O direcionamento do eixo traseiro é possibilitado pela transmissão de movimento da *fifth wheel plate* e *steering bar* (figura 3.3).



Figura 3.3. Sistema TD com 1 eixo direcional (fonte: Catálogo Tridec 2016).

A facilidade de montagem, ampla aplicabilidade, preços baixos e a baixa necessidade de manutenção fazem com que os sistemas TDs sejam os *top sellers* da Tridec.

Os principais componentes de um sistema direcional TD são a *fifth wheel unit*, *steering bar* (responsável por conectar a *fifth wheel* ao *axle mounting frame*) e o *axle mounting frame*. Sistemas com dois eixos direcionais necessitam também de *steering rod*, responsável por conectar a última *frame* com a penúltima *frame*.

Os sistemas hidráulicos são sistemas mais caros e complexos. São sistemas desenvolvidos para proporcionar maior flexibilidade através da possibilidade de controlar vários eixos direcionais (nos sistemas HF-E é possível controlar até 7 eixos direcionais). Os sistemas hidráulicos são adequados também para reboques com baixa altura de construção ou reboques extensíveis. São sistemas que necessitam de pouca manutenção, limitando-se à lubrificação do *turntable* e *fifth wheel unit*, inspeção visual dos componentes hidráulicos e o reaperto das conexões de parafusos.

Os principais componentes de um sistema hidráulico HF são a *fifth wheel unit*, *axle unit* e o *hydraulic control unit* (figura 3.4).



Figura 3.4. Componentes de um sistema HF (fonte: Catálogo Tridéc 2016).

Os sistemas direcionais eletrônicos são sistemas mais recentes desenvolvidos pela Tridéc. As suas vantagens estão na facilidade de instalação (necessitando de poucas modificações no chassis) e no pouco espaço necessário para sua instalação, sendo uma solução ideal para reboques pequenos ou com pouca altura em relação ao solo. Em contraste com os sistemas mecânicos e hidráulicos, os sistemas EF-S não necessitam de *fifth wheel unit*, mas apenas de um *kingpin* com sensor de ângulo de direção integrado. Isso resulta num sistema mais leve, com maior sensibilidade às alterações de direção.

O princípio de funcionamento dos sistemas eletrônicos baseia-se num *kingpin* que deteta alterações na direção e alimenta o computador com informações para ativar os acumuladores. Os acumuladores agem sobre os cilindros hidráulicos que fazem as rodas

girarem. Sensores de posição integrados ao sistema informam ao computador sobre o ângulo de direção do eixo. Os sistemas EF-S estão limitados a três eixos direcionais, com um ângulo máximo de 45°.

Os principais componentes de um sistema EF-S são o *kingpin unit*, os cilindros direcionais, a caixa de controlo, a caixa do tanque de óleo, sistema de luzes (informam ao condutor sobre o estado do sistema), acumuladores e o controlador de cilindros.

3.1.1.2. Suspensões

As suspensões produzidas pela Tridec aumentam a capacidade dos reboques em volume e carga. Essas suspensões de eixo possuem uma ampla gama de aplicação, desde altos volumes até cargas extremamente pesadas. Todas as suspensões da Tridec são fáceis de instalar, exigem pouca manutenção e contribuem para uma condução mais estável. As suspensões de eixo podem ser divididas em dois tipos: por ar e hidráulica (figura 3.5).

| Suspensões | |
|------------|------------|
| Ar | Hidráulico |
| LV-O | HV |
| HF-O | DL-S |
| | TP-O |
| | MD-O |
| | HD-O |

Figura 3.5. Tipos de suspensões produzidas pela Tridec.

As suspensões independentes a ar garantem o máximo volume disponível para os reboques, pois não possuem *axle body* entre as rodas. Os sistemas LV-O e HF-O são sistemas de suspensão independentes a ar. Os dois sistemas permitem a criação de um espaço adicional no reboque, o que permite reduzir o número de viagens para uma determinada carga.

As suspensões hidráulicas da Tridec são desenvolvidas especialmente para aplicações mais pesadas (*on road* e *off road*). Os sistemas HV são recomendados para

veículos com múltiplos eixos. Os sistemas TP-O são desenvolvidos para o transporte de carga extremamente pesada como máquinas de terraplanagem e veículos militares. Os sistemas DL-S destacam-se pelo seu baixo peso, o que é proporcionado pela sua construção. Os sistemas HD-O e MD-O são recomendados para usos em situações adversas como terrenos de difícil acesso e cargas pesadas. É geralmente usado na agricultura e na silvicultura. Para veículos *off road*, a Tridec desenvolveu o sistema TD-O que consiste numa barra de tração fixa com *design* modular.

3.1.2. Processo produtivo

Como a Tridec trabalha com produtos muito individuais, com composições diferentes mesmo entre os produtos mais padronizados, frequentemente a sua produção não é para *stock*. Isso é especialmente verdadeiro para os seus produtos finais (suspensões e sistemas direcionais), onde cada sistema pode apresentar características especiais determinadas pelo cliente. Desta forma, o processo produtivo inicia-se com a colocação de uma PO (*purchase order*) pelo cliente.

Após a colocação da PO pelo cliente, é criado um *job* para a montagem do sistema. Este *job* (designação para ordem de produção), a partir do BOM (*bill of materials*), cria necessidades no sistema ERP. É verificada a necessidade de desenvolvimento de novas referências pela engenharia, caso a peça nunca tenha sido produzida. Para as peças já produzidas anteriormente são criados jobs para produzi-las, e para os materiais de compra são criadas ordens de compra caso não haja *stock* desse material.

As ordens de produção são planeadas para uma determinada semana. As semanas são distribuídas ao longo do ano, sendo a primeira semana do ano designada por Semana 1. Após o planeamento das ordens de produção, os jobs são impressos e entregues à produção. Os *jobs* podem ser distinguidos em dois tipos (figura 3.6): *job* para *stock* e *job* do cliente. Os *jobs* para *stock* constituem-se nas ordens de produção de materiais que serão necessários no *job* do cliente. Para as operações de montagem, o *job* do cliente pode ser dividido em dois tipos: *spare parts* e *job* de sistemas. Os *jobs* de *spare parts* são as ordens de produção de peças de substituição encomendadas pelo cliente. Os *jobs* de sistemas representam as ordens de produção dos sistemas finais como os sistemas direcionais (TD, TR, HF-E, HS, EF-S etc.) e as suspensões (LV-O, HD-O etc.). Esses jobs caracterizam-se pela presença da operação de embalagem ao fim das operações de montagem.

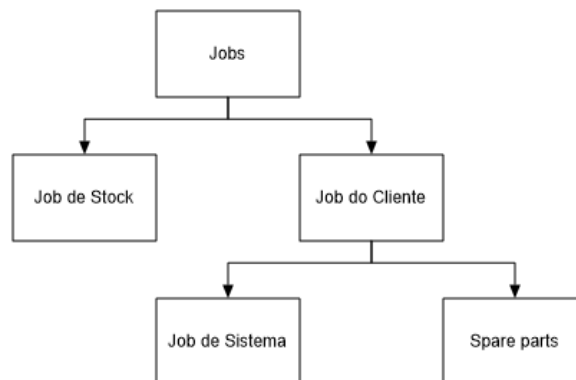


Figura 3.6. Tipos de jobs de montagem.

Os *jobs* para stock recebem a denominação PTXXXXXX (figura 3.7) para os *jobs* produzidos no pavilhão 1, onde são fabricados os componentes primários (*crossmembers*, *turntable plate*, *axle mounting frames*, *steering rods* etc.) utilizados na montagem dos sistemas. Os *jobs* para *stock* com a designação 2PTXXXXXX são produzidos no pavilhão 2 e representam a montagem de peças ou subsistemas que serão consumidos no *job* do cliente. Após a produção, estas peças ou subsistemas são avaliados pelo setor de qualidade e posteriormente levados ao armazém para *stock*. No caso dos componentes primários, esses podem ir para a subcontratação para tratamento superficial com KTL (cataforese) ou galvanização.

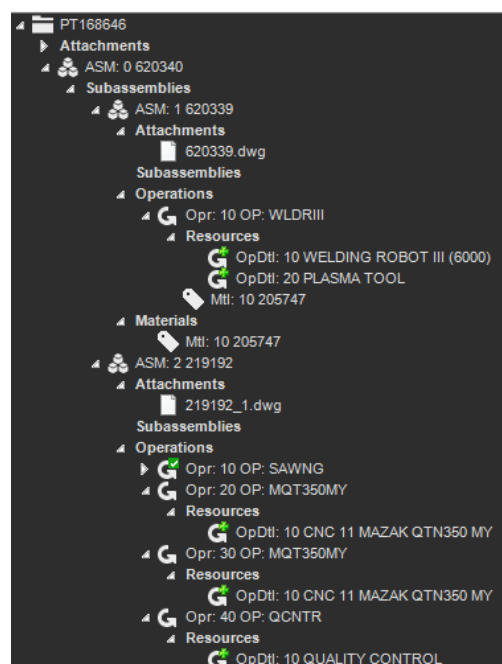


Figura 3.7. Exemplo de job do pavilhão 1 e as sequências de operações.

A partir da solicitação do chefe de produção ou do planeamento semanal o material para montagem dos sistemas é aviado pelo armazém. Para os *jobs* de *stock*, o aviamento do material é pedido pessoalmente (pelos chefes de equipa) ao armazém conforme a necessidade. Através do número do *job*, o armazém gera no sistema ERP uma *picklist* com os materiais necessários à ordem de produção com as suas respectivas localizações no armazém. Na *picklist*, os materiais estão ordenados pelo número da *assembly*.

Os *jobs* são divididos em *assemblies*, onde a produção segue a ordem decrescente das *assemblies*. Cada *assembly* gera um subcomponente e este representa apenas uma sequência lógica de produção, não sendo necessário o controlo de qualidade entre *assemblies*. Sistemas mais complexos como os sistemas hidráulicos, principalmente sistemas HF-E podem apresentar até 60 *assemblies*, enquanto sistemas mais simples, como os sistemas mecânicos, apresentam entre 10 e 15 *assemblies*. Geralmente, como representado na figura 3.8, quanto maior for o número de *assemblies*, maior será a quantidade de material necessária ao *job*.

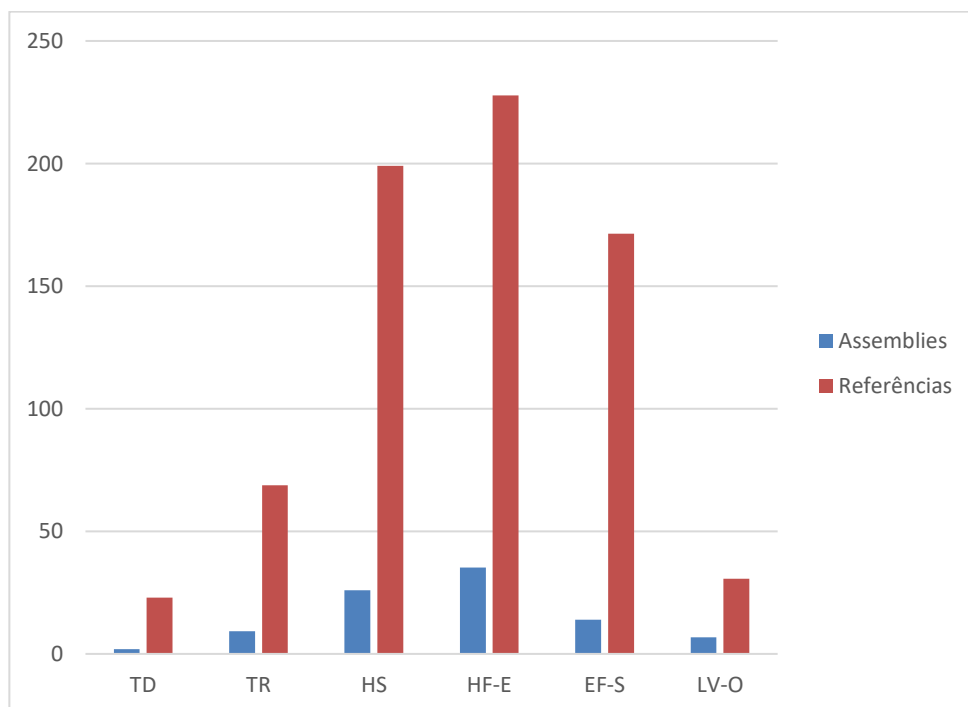


Figura 3.8. Média de *assemblies* e referências por tipo de sistema.

A montagem de sistemas hidráulicos e eletrônicos é dividida entre dois departamentos. As *assemblies* relacionadas aos componentes hidráulicos e eletrônicos como a unidade hidráulica de controlo, óleo, acumuladores e sensores eletrônicos são montadas no departamento de hidráulica. As *assemblies* relacionadas ao sistema direcional como as *fifth wheel units*, *axle mounting frames* e cilindros são montados por outro setor.

Os sistemas TDs por serem os sistemas mais populares da Tridec, possuem uma estratégia de produção diferente. Existem células especializadas na produção de alguns componentes para os TDs e isso permite a produção destes sistemas em maior escala. Estas células de produção podem ser divididas em quatro tipos: célula de montagem de *frames*, célula de montagem de *steering rods*, célula de montagem de *fifth wheels* e a célula de *packing*. Essas células possuem uma estratégia de abastecimento próprio, não sendo necessário o *picking* de materiais pelo armazém.

3.1.3. Atividades do armazém

Na Tridec, o armazém é responsável por diversas atividades. Entre as principais funções exercidas pelo armazém, é possível citar a receção de material que chega da subcontratação (KTL e galvanização), que chega diretamente do pavilhão 1 ou que chega diretamente do fornecedor (no caso de material de compra). A receção inclui a conferência do material, o lançamento dos materiais em sistema (no sistema ERP) e a atribuição de localização (bin) no armazém. O armazém é responsável também pelo carregamento dos camiões que transportam os sistemas produzidos aos clientes. Também é da responsabilidade do armazém a preparação (separação e embalagem) de *spare parts*.

Ao nível da produção, o armazém é responsável pela preparação e entrega do material necessário para a montagem dos subcomponentes ou sistemas. A atividade de *picking* é essencial à produção, sendo uma das atividades mais intensivas em termos de recursos como analisado por De Koster *et al.* (2007). A atividade de *picking* inclui as seguintes operações:

1. Seleção do *job*.
2. Impressão da *picklist*.
3. Procura, recolha e separação dos materiais.
4. Lançamento dos materiais no sistema.
5. Entrega dos materiais à produção.

O *picking* de *jobs* de sistemas é feito entre dois e três dias antes do início da montagem de forma a criar um *buffer* entre a atividade de *picking* e a montagem. Por outro lado, o aviamento de *jobs* para *stock* e *spare parts* é feito no mesmo dia de produção. Isso é atribuído ao facto de que o aviamento de *jobs* de sistemas requer muito tempo, especialmente para os sistemas hidráulicos, onde o número de referências é muito grande. Os *jobs* de sistemas aviados são armazenados em prateleiras facilmente acessíveis pela produção. Por conta de restrições de espaço, o *buffer* de sistemas aviados deve ser pequeno sob pena de ter sistemas aviados distribuídos entre as células de produção ou mesmo na parte externa da fábrica.

3.1.4. Características do armazém

O armazém na Tridec baseia-se num sistema *picker-to-parts* constituído de estantes de quatro prateleiras. Nestas estantes os materiais são armazenados em paletes. Cada prateleira comporta nove paletes (três colunas com três paletes cada) e cada prateleira tem associado três bins (localizações). Os bins (figura 3.9) são CAXY, para a zona A, CBXY para a zona B, CCXY para a zona C e CDXY para a zona D. Nesse contexto, o X representa um número definido da direita para a esquerda (de acordo com a figura 3.9) em ordem crescente. Para as estantes laterais o X assume valores de 1 a 21 ou de 1 a 27. Para as estantes centrais, o X assume valores de 1 a 27. Por outro lado, o Y assume os valores A, B, C e D, seguindo a ordem de baixo para cima.

Nas outras estantes (CEXY, EAXY, DFXY, DGXY, DHXY, DIXY e DJXY) os materiais são armazenados em caixas. Na zona CE, o X assume valores de 1 a 9 e o Y assume os valores A, B, C ou D. Na zona EA, o X assume valores de 1 a 26 e o Y assume os valores A, B, C ou D. As zonas DF, DG e DH são semelhantes, onde o X assume valores de 1 a 6, enquanto o Y assume os valores A, B, C ou D. Nas zonas DI e DJ, o X assume valores de 1 a 4 e o Y assume os valores A, B, C ou D. Nessas estantes são armazenados materiais de pequena dimensão como parafusos, porcas, sensores, espaçadores, cabos, tubos pequenos etc. Para estas estantes, não há a necessidade do uso de empilhadores, o acesso é feito a pé e o material é recolhido manualmente. É de salientar que os bins EA, DF, DG, DH, DI e DJ estão localizados no segundo piso do pavilhão.

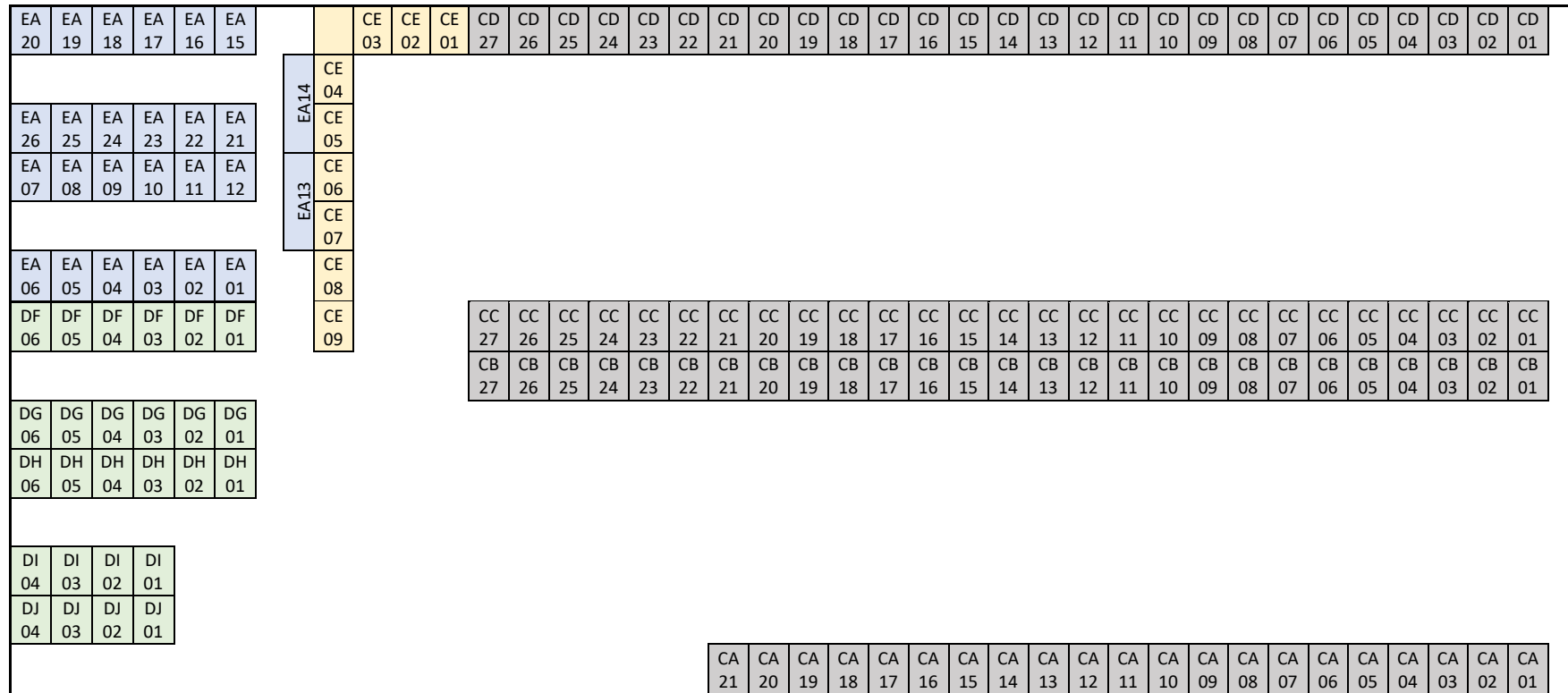


Figura 3.9. Layout do armazém.

Por conta de limitações de espaço, materiais de grande dimensão (*steering bars*, *fifth wheels*, *axle mounting frame*, rolamentos etc.) são armazenados na parte externa da fábrica. A atribuição de localização aos materiais rececionados é feita de forma aleatória, onde o primeiro espaço encontrado é utilizado. Todas as operações de manuseio de materiais são feitas com o auxílio de empilhador.

Devido à natureza da produção na Tridec, os *stocks* de materiais são altamente voláteis. Os materiais só são produzidos quando um job gera a necessidade no sistema ERP e, portanto, não permanecem muito tempo no armazém. Adicionalmente, existem muitas referências para materiais da mesma família. Esses fatores contribuem para o baixo nível de familiarização dos colaboradores do armazém com o *stock* disponível.

3.2. Descrição do problema

A estratégia de produção da Tridec implica um processo que permite aos seus clientes comprarem produtos personalizados. É um processo de fabrico em que a produção do sistema só começa após a confirmação da ordem do cliente. Em outras palavras, é uma estratégia de produção *Make to Order* (MTO). Essa estratégia dá aos clientes da Tridec a flexibilidade desejada, reduz a obsolescência e o nível dos stocks e diminui de forma geral o desperdício. Por outro lado, essa estratégia traz o aumento de custos associados e o aumento do tempo de espera pelo produto acabado.

Nesse contexto, a otimização do processo produtivo pressupõe a otimização de todos os processos que compõem a cadeia produtiva. A partir da análise da cadeia produtiva da Tridec, é possível entender que parte do problema se encontra no armazém, especificamente nas operações de *picking*. O modelo de *picking* adotado implica a criação de um *buffer* de forma a assegurar que a produção de sistemas tenha sempre material disponível para trabalhar. Isso é resultado da ineficiência do processo de *picking*, uma vez que o armazém não consegue aviar *jobs* ao mesmo ritmo da produção.

A criação de um *buffer* implica a utilização de espaço adicional para os *stocks* intermédios (paletes com os produtos aviados). A ineficiência da operação de *picking* implica também em grande tempo de resposta para *jobs* urgentes ou não planeados. Adicionalmente, os colaboradores do armazém perdem muito tempo para aviar *jobs* de sistemas, o que acaba por criar filas de espera para *jobs* de *stock* e *spare parts*.

Através de *brainstorming* com os colaboradores do armazém, foi elaborado o diagrama de Ishikawa (figura 3.10) com as principais causas da ineficiência das operações de *picking*. Pelo diagrama de Ishikawa é possível perceber que as causas citadas fazem parte dos fatores internos analisados por Goetschalckx e Ashayeri (1989). De facto, as causas estão alinhadas com a forma de organização e gestão do sistema de *order picking*, nomeadamente o *layout* e as políticas de arrumação e *picking*.



Figura 3.10. Diagrama de causa e efeito

Algumas causas são resultado da incompatibilidade entre as necessidades de produção e a capacidade produtiva. A falta de material de produção e de colaboradores responsáveis pelo *picking* estão entre as causas originadas pelo mau dimensionamento da capacidade produtiva o que conseqüentemente resulta no descumprimento do *takt time*. As características do armazém (ambiente no diagrama) somadas aos equipamentos disponíveis (máquina no diagrama) contribuem para o aumento da complexidade das atividades de *picking*.

4. PROPOSTAS

Segundo Goetschalckx e Ashayeri (1989) o desenho das operações de *picking* passa pela definição e ajuste dos fatores internos e externos. Assume-se que os fatores externos são incontroláveis no âmbito desta dissertação, ficando desta forma restrita aos fatores internos. Os fatores internos são definidos pelas características do sistema (o nível de mecanização, disponibilidade de informação e estrutura física), pela forma de organização e pelas políticas de operação dos sistemas de *picking*.

Como definido por Yu e De Koster (2009) quatro problemas de planeamento ao nível dos fatores internos podem ser diferenciados em relação ao *order picking*: distribuição dos materiais pelo armazém, o loteamento de pedidos, o *picking* por zonas e a atribuição de rotas. Devido às limitações de espaço (armazém pequeno), o reduzido número de *pickers* e à natureza do *picking* (abastecimento da produção, através de aviamento de *jobs* com várias referências) o *picking* por zonas não é abordado.

Desta forma, são tratados neste capítulo os três problemas de planeamento nomeadamente a estratégia de distribuição de materiais pelo armazém, o loteamento de pedidos e a atribuição de rotas. Adicionalmente são abordadas algumas melhorias nas características do armazém que contribuem para a otimização das operações de *picking*.

4.1. Atribuição de localização

A atribuição de localização aos produtos no armazém segue atualmente uma estratégia de distribuição aleatória. Os objetivos desta estratégia são a simplificação das tarefas de arrumação e o aproveitamento máximo do espaço disponível. Esse método gera problemas de familiarização dos colaboradores do armazém com os *stocks* e aumenta a distância total percorrida nas tarefas de *picking*. Essa estratégia de arrumação também dificulta a procura por materiais não registados em sistema (por erro humano ou falha no sistema ERP). A figura 4.1 mostra a distribuição atual dos cilindros de sistemas hidráulicos e *steering beams* pelo armazém.

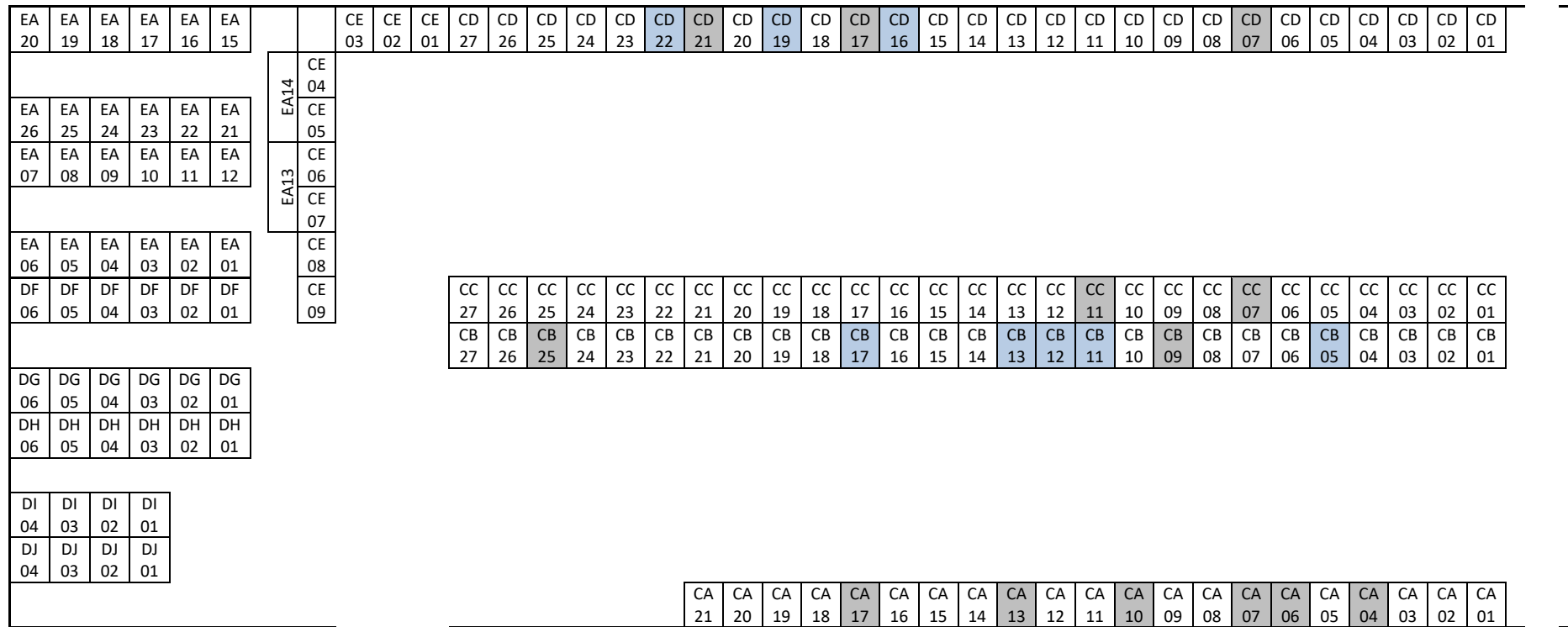


Figura 4.1. Distribuição de cilindros e *steering beams* pelo armazém.

A dispersão de produtos do mesmo tipo pelo armazém (como apresentado na figura 4.1) produz vários problemas relacionados ao *picking*. Entre esses problemas é possível citar o aumento nas distâncias percorridas, pois frequentemente o *job* do cliente solicita mais de uma referência do mesmo tipo de material (dois ou três cilindros diferentes). Outro problema está na baixa familiarização dos colaboradores com o *stock*. Esta baixa familiarização resulta em dificuldade na procura e identificação de material perdido no armazém (em alguns casos, o colaborador esquece-se de fazer a transferência entre bins no sistema ou o material é arrumado antes de ser rececionado).

De forma a colmatar os problemas apresentados, sugere-se a alteração da estratégia de distribuição de produtos pelo armazém. A estratégia adotada deve aumentar a familiarização dos *pickers* com os *stocks* e deve apresentar uma lógica de arrumação compatível com as operações de montagem na produção. Dado o limite de espaço físico disponível, a estratégia deve também estar associada ao aproveitamento máximo do espaço disponível.

A opção mais compatível com os critérios selecionados é o armazenamento baseado em famílias de produtos. Esta estratégia pode ser combinada com o armazenamento aleatório de forma a aproveitar ao máximo o espaço disponível. Essa estratégia facilita a procura por materiais que não estão contabilizados em *stock*, seja por erro humano ou por erro nos sistemas de informação.

Naturalmente é possível dividir os produtos da Tridec em duas grandes famílias: sistemas direcionais e suspensões. A subdivisão dessas duas famílias de produtos passa pela análise das *assemblies* que constituem os *jobs*. Para esta análise, foram examinados *jobs* do cliente para os principais tipos de sistemas. A ideia é encontrar semelhanças entre os sistemas e desta forma dividi-los em famílias. A tabela 4.1 mostra as *assemblies* típicas de um *job* hidráulico HF-E.

Tabela 4.1. *Assemblies* de um *job* hidráulico HF-E.

| | | |
|------|--------|------------------------------|
| HF-E | Asmb 0 | Hydraulic Steering System |
| | Asmb 1 | / |
| | Asmb 2 | / |
| | Asmb 3 | / |
| | Asmb 4 | Hydraulic Control Box |
| | Asmb 5 | Set of Accumulators 4x130bar |

| | | |
|------|---------|--------------------------------------|
| HF-E | Asmb 6 | Return Line Filter |
| | Asmb 7 | Accumulator 0.16L 130bar |
| | Asmb 8 | Fifth Wheel Unit Linear 15T |
| | Asmb 9 | Fifth Wheel Housing |
| | Asmb 10 | Turntable Plate |
| | Asmb 11 | Sliding Unit |
| | Asmb 12 | Cylinder 80/45-375 A |
| | Asmb 13 | Cylinder Unit |
| | Asmb 14 | Axle Mounting Unit |
| | Asmb 15 | Cylinder 80/45-375 Bottom Valve |
| | Asmb 16 | Axle Unit S400 Cyl A |
| | Asmb 17 | Sensor Set Tritronic 2 HF-E 2-C |
| | Asmb 18 | Power Unit 3kW & 15 L tank A |
| | Asmb 19 | Power Unit 3kW & 15 L tank A |
| | Asmb 20 | Cover Tridec A |
| | Asmb 21 | Cover Tridec M |
| | Asmb 22 | Hydraulic Box Electrical Tritronic 2 |
| | Asmb 23 | Cover Tridec A |
| | Asmb 24 | Electrical Component Tritonic 2A |
| | Asmb 25 | Cover Tridec M |
| | Asmb 26 | Tritronic Electrical Components A |
| | Asmb 27 | Sensor Set Tritonic 2 FWU 15/18/20 |

Através da análise de cada *assembly*, é possível atribuí-las a dois diferentes grupos: *fifth wheel unit* (amarelo) e *axle/cylinder unit* (azul). Alguns *jobs* podem apresentar um terceiro grupo: *steering bars* e/ou *steering rods*. As outras *assemblies* são de responsabilidade do departamento de hidráulica e eletrónica (*Control Unit*). Esse departamento possui uma estratégia de abastecimento próprio com um espaço de armazenamento dedicado. De forma semelhante, a tabela 4.2 apresenta as *assemblies* típicas de um sistema HS.

Tabela 4.2. *Assemblies* de um job hidráulico HS.

| | | |
|----|--------|------------------------------------|
| HS | Asmb 0 | Tridec Hydraulic Steering System |
| | Asmb 1 | FWU HYD LIN - 980 -20T |
| | Asmb 2 | Axle Mounting Frame HS-CB 1200-100 |
| | Asmb 3 | Axle Mounting Frame HS-CB 1200-100 |
| | Asmb 4 | Axle Mounting Frame HS-CB 1200-100 |
| | Asmb 5 | Axle Mounting Frame HS-CB 1200-100 |
| | Asmb 6 | Cylinder 80-45-520 bottom valve A |

| | | |
|----|---------|--------------------------------------|
| HS | Asmb 7 | Hydraulic Control Box, power pack |
| | Asmb 8 | Set of accumulators 4x130 Bar A |
| | Asmb 9 | Return line filter A |
| | Asmb 10 | Tritronic electrical components A |
| | Asmb 11 | Power Unit 3kW & 15L tank A |
| | Asmb 12 | Hydraulic box electrical Tritronic 2 |
| | Asmb 13 | Cover Tridéc A |
| | Asmb 14 | Electrical component Tritronic 2A |
| | Asmb 15 | Fifth Wheel Unit Linear 20T 980 R240 |
| | Asmb 16 | Sensor Set Tritronic 2 FWU |
| | Asmb 17 | Sliding Unit St 520 |
| | Asmb 18 | Turntable Plate R240 |
| | Asmb 19 | Fifth Wheel housing LIN 18T |
| | Asmb 20 | Cylinder 80/45 520 ORKOT |
| | Asmb 21 | Steering Rod A |
| | Asmb 22 | Rod Eye M28x1.5 left A |
| | Asmb 23 | Sensor Set Tritronic 2 AMF HS |

Os sistemas HS caracterizam-se pela presença de *fifth wheel unit* (amarelo), *axle mounting frame* (verde) e de *steering bars* e/ou *steering rods* (vermelho). Portanto, os materiais necessários aos sistemas HS podem ser distribuídos em três famílias. De forma semelhante, a tabela 4.3 mostra as assemblies típicas de um sistema HF.

Tabela 4.3. *Assemblies* de um job hidráulico HF.

| | | |
|----|---------|----------------------------------|
| HF | Asmb 0 | Tridéc Hydraulic Steering System |
| | Asmb 1 | / |
| | Asmb 2 | / |
| | Asmb 3 | / |
| | Asmb 4 | / |
| | Asmb 5 | Set of accumulators 4x130 Bar |
| | Asmb 6 | Accumulator 0.16L 130 bar |
| | Asmb 7 | Fifth wheel unit Lin 15T 980 |
| | Asmb 8 | Fifth wheel housing |
| | Asmb 9 | Turntable plate |
| | Asmb 10 | Sliding unit ST375 |
| | Asmb 11 | Cylinder 80/45-375 A |
| | Asmb 12 | Cylinder Unit HF |
| | Asmb 13 | Cylinder 80/45-235 A |
| | Asmb 14 | Cylinder Support HF |
| | Asmb 15 | Hydraulic Box manual A |

| | | |
|----|---------|---------------------------------|
| HF | Asmb 16 | Cover Tridec A |
| | Asmb 17 | Hydraulic block 24V hand pump A |
| | Asmb 18 | Cover Tridec M |

Os sistemas HF são compostos por dois subsistemas (além dos componentes hidráulicos): *fifth wheel unit* (amarelo) e *axle/cylinder unit* (azul). A tabela 4.4 apresenta as *assemblies* de um sistema mecânico TR. Os sistemas mecânicos possuem menos *assemblies* quando comparados aos sistemas hidráulicos e os *jobs* são totalmente montados pela produção/montagem.

Tabela 4.4. *Assemblies* de um job mecânico TR.

| | | |
|----|--------|-----------------------------------|
| TR | Asmb 0 | Tridec Mechanical Steering System |
| | Asmb 1 | Fifth wheel unit TR |
| | Asmb 2 | AMF 1200-140-KTL-1200-214065 |
| | Asmb 3 | AMF 1200-140-KTL-1200-601696 |
| | Asmb 4 | AMF 1200-140-KTL-1200-602004 |
| | Asmb 5 | Fifth wheel housing 24T |
| | Asmb 6 | Steering Unit |
| | Asmb 7 | Turntable plate R191 |

As *assemblies* de um sistema TR podem ser distribuídas em dois grupos: *fifth wheel unit* e *axle mounting frame*. Alguns *jobs* possuem *assemblies* para a montagem de *steering bars* ou *steering rods*, enquanto outros pedem esses componentes a partir do *stock*. A tabela 4.5 mostra as *assemblies* típicas de um sistema TR-X.

Tabela 4.5. *Assemblies* de um job mecânico TR-X.

| | | |
|------|---------|-----------------------------------|
| TR-X | Asmb 0 | Tridec Mechanical Steering System |
| | Asmb 1 | FWU |
| | Asmb 2 | Axle Mounting Frame |
| | Asmb 3 | Axle Mounting Frame |
| | Asmb 4 | Guidance Support Set |
| | Asmb 5 | Fifth wheel unit TR 20T 1200 R130 |
| | Asmb 6 | Fifth wheel housing lin 18T 1200A |
| | Asmb 7 | Turntable plate R130,0 20,0° a |
| | Asmb 8 | Steering unit TR |
| | Asmb 9 | Steering Rod |
| | Asmb 10 | TR-X bearing |

Os sistemas TD-X, à semelhança dos sistemas TR, podem apresentar *assemblies* para a montagem de *steering bars/rods*. A tabela 4.6 mostra as *assemblies* típicas de um sistema TD-X. É possível verificar que os sistemas TR, TR-X e TD-X são muito semelhantes, apresentando apenas algumas variações.

Tabela 4.6. *Assemblies* de um job mecânico TD-X.

| | | |
|------|--------|-----------------------------------|
| TD-X | Asmb 0 | Tridec Mechanical Steering System |
| | Asmb 1 | Fifth Wheel Unit TDK 15T 980 R195 |
| | Asmb 2 | Axle Mounting Frame TDX 1200-100 |
| | Asmb 3 | Axle Mounting Frame TDX 1200-100 |
| | Asmb 4 | Guidance Support Set |

Os sistemas TF caracterizam-se pela presença de *axle unit* no eixo traseiro do camião em comparação com o *axle mounting frame* presente nos sistemas TR, TR-X, TD e TD-X. A presença de *axle unit* no eixo traseiro do camião torna este eixo um eixo direcional (nos eixos rígidos todo o eixo rotaciona). Entre os sistemas mecânicos, o TF é o único sistema com esta característica. A tabela 4.7 mostra as *assemblies* típicas de um sistema TF.

Tabela 4.7. *Assemblies* de um sistema mecânico TF.

| | | |
|----|--------|-----------------------------------|
| TF | Asmb 0 | Tridec Mechanical Steering System |
| | Asmb 1 | Fifth Wheel Unit TF |
| | Asmb 2 | Centerlink |
| | Asmb 3 | Steering Unit TF |
| | Asmb 4 | Steering Bar |
| | Asmb 5 | Axle Unit |
| | Asmb 6 | Steering Arm |

A tabela 4.8 apresenta as *assemblies* de um sistema eletrónico EF-S.

Tabela 4.8. *Assemblies* de um sistema EF-S.

| | | |
|------|--------|-----------------------------------|
| EF-S | Asmb 0 | Electronic Steering System |
| | Asmb 1 | Fifth wheel unit EF-S |
| | Asmb 2 | Axle Unit EF-S 2 axles |
| | Asmb 3 | Hydraulic components EF-S 2 axles |
| | Asmb 4 | Electrical components EF-S light |
| | Asmb 5 | Kingpin and sensor assembly EF-S |

| | | |
|------|---------|---------------------------------|
| EF-S | Asmb 6 | Steering Unit |
| | Asmb 7 | Accumulator 4L 90B |
| | Asmb 8 | Hydraulic pump box EF-S |
| | Asmb 9 | Hydraulic tank 30L A |
| | Asmb 10 | Return line filter A |
| | Asmb 11 | Kingpin sensor revert mechanism |
| | Asmb 12 | Cylinder/aligner LDT |
| | Asmb 13 | Ball Joint |

Os sistemas EF-S caracterizam-se pela presença de *cylinder/aligner* e *ball joints*. Neste tipo de sistema, a montagem resume-se apenas ao encaixe dos *ball joints* e fole nos cilindros. As outras operações presentes nos *jobs* de EF-S são de responsabilidade do departamento de hidráulica e eletrônica. A figura 4.2 mostra um resumo das composições das famílias de produtos por cada tipo de sistema direcional.

| | HF | HS | HF-E | TR/TR-X | TF | TD-X | EF-S |
|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Main Assembly | Fifth Wheel Unit | Fifth Wheel Unit | Fifth Wheel Unit | Fifth Wheel Unit | Fifth Wheel Unit | Fifth Wheel Unit | Cylinder Aligner |
| Main Assembly | Axle/Cylinder Unit | Axle Mounting Frame | Axle/Cylinder Unit | Axle Mounting Frame | Axle Unit | Axle Mounting Frame | Ball joint |
| Main Assembly | | Steering Bar/Rod | Steering Bar/Rod | Steering Bar/Rod | Steering Bar/Rod | Steering Bar/Rod | |

Figura 4.2. Famílias de produtos para os sistemas direcionais.

À exceção dos sistemas eletrônicos EF-S, todos os sistemas direcionais são constituídos de uma *fifth wheel unit*. A diferença está resumida no eixo traseiro do camião, onde é possível ter um *axle mounting frame* ou um *axle/cylinder unit*. As suspensões por serem mais simples e não apresentarem muitos componentes em comum são agrupadas numa mesma família.

Alguns materiais não pertencem exclusivamente a uma única família, sendo de uso geral. Materiais como parafusos e porcas são reabastecidos (nos postos de trabalho) pelo armazém nos chamados *kanbans*. Outros materiais não pertencem a nenhuma família, como os materiais para sistemas dedicados à agricultura. Esses sistemas são raros, sendo desnecessária a criação de uma família exclusivamente para esses materiais. Materiais desse tipo podem ser distribuídos numa única família: *miscellaneous*.

Dada a importância dos cilindros para os sistemas hidráulicos e por pertencerem a diferentes grupos (*fifth wheel unit*, *axle/cylinder unit* e *axle mounting frame*), os cilindros são atribuídos a uma família especial – a família dos cilindros. Esses cilindros incluem apenas os cilindros de sistemas hidráulicos, não incluindo desta forma os cilindros das suspensões (esses devem ser distribuídos na família das suspensões) e dos sistemas direcionais eletrônicos (família *Cylinder/Aligner*).

A família dos *ball joints* pode ser incorporada à família dos *steering bars/rods*, uma vez que os *ball joints* são necessários na montagem dos tubos (*steering bars* ou *steering rods*). Em resumo, os materiais no armazém podem ser distribuídos entre as seguintes famílias:

- Fifth Wheel Unit;
- Axle/Cylinder Unit;
- Axle Mounting Frame;
- Steering Bar/Rod;
- Cylinder/Aligner;
- Cylinders;
- Suspensions;
- Miscellaneous.

De forma a implementar essa estratégia de distribuição, devem ser introduzidas metodologias de identificação das famílias. Todas as paletes que são armazenadas devem levar uma etiqueta de identificação (figura 4.3). Esta etiqueta contém a referência do material, a sua quantidade e o *job* responsável pela sua produção ou caso seja um material de compra a etiqueta apresenta a ordem de compra.



Figura 4.3. Etiqueta de identificação do material.

A inclusão do tipo de família nas etiquetas de identificação das paletes (figura 4.4) pode facilitar a identificação das famílias de produtos e a sua arrumação no armazém. A especificação das famílias deve ser introduzida também no sistema ERP, onde cada referência deve estar associada a uma única família.

| | | |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Empresa: | Endereço: | |
| Guia: | Tipo Operação | |
| | Peso Líquido (kg): | Peso Bruto (kg): |
| Nº Peça: 310062 | Família: Steering Bar/Rod | |
| Quantidade: | Ordem Compra: | |
| Data de Receção: | Arquivo: | Código Armazém: |
| LEMERM | Nº Operação | |

Figura 4.4. Etiqueta de identificação com a família de produto.

De forma a distribuir as famílias de produtos pelo armazém é necessário fazer uma análise sobre a relação entre cada família. Sendo os sistemas direcionais os produtos mais vendidos pela Tridec, a análise será começada por eles. Como apresentado na figura 4.2, a família Fifth Wheel Unit é comum a todos os sistemas direcionais, à exceção dos sistemas eletrónicos EF-S. Portanto, a família Fifth Wheel Unit deve ter a localização mais acessível no armazém. Próximo à família da Fifth Wheel Unit deve estar a família Cylinders.

A família Cylinders frequentemente está presente na Fifth Wheel Unit e na Axle/Cylinder Unit.

A família Axle/Cylinder Unit deve ser alocada próxima à família Cylinders, uma vez que em sistemas hidráulicos estas duas famílias estão frequentemente presentes. A família Axle Mounting Frame deve estar próxima à família da Fifth Wheel Unit. A família Steering Bar/Rod deve ser arrumada próxima à família Cylinder/Aligner. Uma vez que a família Cylinder/Aligner dos sistemas EF-S é requisitada em conjunto com *ball joints*, essas famílias devem estar próximas. As famílias Suspensions e Miscellaneous podem ser distribuídas nas localizações restantes.

Com o objetivo de estimar os espaços ocupados por cada família, foi feita uma análise sobre as referências presentes no armazém. Foram contabilizados e separados por famílias todos os materiais presentes nos bins CAXY, CBXY, CCXY e CDXY. A contagem foi feita através do número de paletes, sendo que cada bin tem a capacidade de armazenar três paletes. A figura 4.5 mostra a distribuição de paletes por tipo de família. A capacidade foi calculada com base no número de estantes (102 estantes) e a capacidade de paletes para cada uma (12 paletes).

| | |
|--------------------------|-------------|
| Fifth Wheel | 226 |
| Cylinder | 109 |
| Axle Unit | 137 |
| Axle Mounting Frame | 52 |
| Steering Bar/Rod | 99 |
| Cylinder Aligner | 24 |
| Miscellaneous | 163 |
| Suspensions | 183 |
| Número de paletes | 993 |
| Capacidade | 1224 |

Figura 4.5. Número de paletes por família nos bins CAXY, CBXY, CCXY e CDXY.

A distribuição das famílias pelo armazém segue os critérios já descritos (relação entre as diferentes famílias), fazendo a conciliação com o número de estantes ocupadas por cada família. Como apresentado na figura 4.5, o total de paletes é inferior à capacidade do armazém, com uma ocupação aproximada de 81,12%. Isso proporciona uma flexibilidade nas fronteiras entre as famílias, uma vez que os *stocks* podem variar conforme as necessidades. De forma geral, as fronteiras devem ser evitadas, sendo as paletes

preferencialmente arrumadas nos espaços disponíveis em cada família. A figura 4.6 apresenta o número de estantes ocupadas por cada família. O número de estantes deve ser aproximado para um número inteiro.

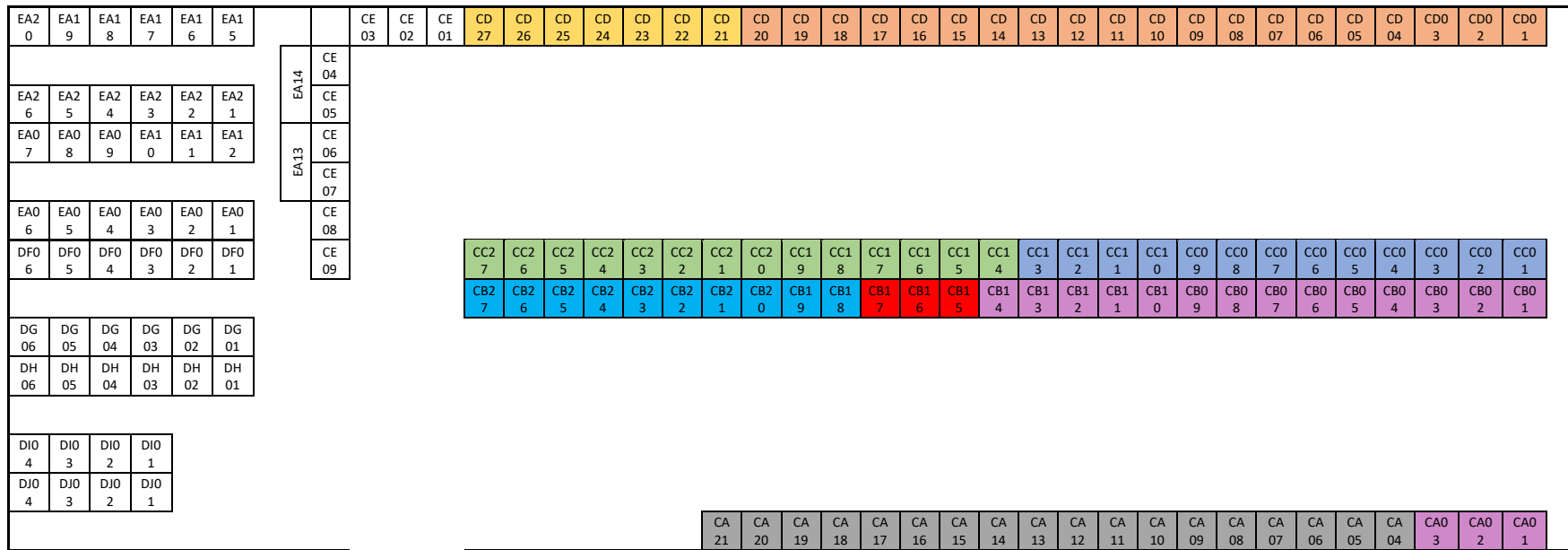
| Família | Paletes | Número de estantes |
|---------------------|---------|--------------------|
| Fifth Wheel | 226 | 18,8 |
| Cylinder | 109 | 9,1 |
| Axle Unit | 137 | 11,4 |
| Axle Mounting Frame | 52 | 4,3 |
| Steering Bar/Rod | 99 | 8,3 |
| Cylinder Aligner | 24 | 2,0 |
| Miscellaneous | 163 | 13,6 |
| Suspensions | 183 | 15,3 |

Figura 4.6. Número aproximado de paletes por tipo de família.

Como expectável, a família Fifth Wheel Unit ocupa o maior número de estantes, uma vez que esta família está presente em quase todos os sistemas direcionais. De forma semelhante, a família Miscellaneous inclui materiais utilizados em todos os sistemas direcionais e suspensões. Entre esses materiais estão as porcas, parafusos, *split pins*, espaçadores etc. Entretanto, parte desse material não está presente no *picking*, uma vez que essas referências são abastecidas periodicamente nos chamados kanbans.

A arrumação dos materiais dentro de cada família deve seguir o método aleatório de forma a maximizar a utilização de espaço. Entretanto, sempre que possível deve ser dado aos materiais mais requisitados as localizações mais acessíveis. Esses materiais devem ser arrumados nas prateleiras mais baixas, onde os tempos de identificação, recolha e arrumação são menores. A figura 4.7 apresenta a distribuição das famílias pelo armazém. Os espaços não ocupados foram distribuídos entre as oito famílias. As fronteiras entre as diferentes famílias podem variar conforme as necessidades.

Propostas



- Fifth Wheel
- Cylinder
- Axle Unit
- Axle Mounting Frame
- Steering Bar/Rod
- Cylinder Aligner
- Miscellaneous
- Suspensions



Figura 4.7. Distribuição das famílias pelo armazém.

4.2. Loteamento de pedidos

O modelo de *order picking* seguido pelo armazém da Tridec está baseado no aviamento de *jobs* individuais. Este modelo é justificável quando os *jobs* a aviar são completamente diferentes, como é o caso de sistemas mecânicos e sistemas eletrônicos. Os sistemas mecânicos possuem *fifth wheel unit*, *axle mounting frame* ou *axle unit*, enquanto os sistemas eletrônicos possuem cilindros e *ball joints*. Entretanto, em alguns casos o planeamento semanal apresenta *jobs* semelhantes com o mesmo tipo de sistema e em alguns casos para o mesmo cliente. Nesses cenários, o loteamento de *jobs* para o *picking* apresenta-se como uma alternativa interessante.

A principal vantagem do loteamento, como discutido por Ho e Tseng (2006), está na redução do número de deslocações e consequentemente do tempo necessário para o *picking*. No entanto, para que isso seja possível é necessário organizar o *layout* do armazém e adotar critérios para o loteamento das ordens. A interdependência entre o *layout* do armazém (e consequentemente do método de atribuição de localização) e o loteamento de pedidos fica evidente, uma vez que o loteamento de *jobs* de abastecimento da produção não tem sentido quando o método de atribuição de localização no armazém é aleatório.

O agrupamento de materiais e a sua distribuição em famílias possibilita o loteamento de *jobs* de abastecimento da produção. Essa forma de atribuição de localização aos materiais no armazém não limita o loteamento a pedidos iguais (mesma referência para materiais do mesmo tipo), pois referências da mesma família são distribuídas em localizações próximas. Isso é especialmente importante em ambiente *job shop* onde é grande o número de referências para o mesmo tipo de material.

De forma a facilitar o loteamento de pedidos, alguns critérios devem ser adotados. O primeiro critério a adotar está no tipo de sistema: apenas sistemas do mesmo tipo (TD-X, TR, TR-X, TF, HS, HF, HF-E etc.) devem ser loteados e para os *jobs* de *stock* devem ser loteados apenas os *jobs* que produzem a mesma referência. De forma a simplificar a separação e a montagem dos sistemas algumas diferenças devem ser estabelecidas. Para os sistemas mecânicos, a *fifth wheel unit* pode ser de três tipos (figura 4.8): *linear*, *progressive* e *gooseneck*.



Figura 4.8. Tipos de *fifth wheel* em sistemas mecânicos (fonte: Catálogo Triddec 2016).

As diferenças nas *fifth wheel units* aumentam a complexidade do *picking* e separação dos materiais e, portanto, é justificável a desagregação dos sistemas mecânicos em três subtipos de acordo com o tipo de *fifth wheel*. De forma semelhante (figura 4.9), os sistemas hidráulicos apresentam três tipos de *fifth wheels*: *linear*, *progressive* e *progressive short*.



Figura 4.9. Tipos de *fifth wheel* em sistemas hidráulicos (fonte: Catálogo Triddec 2016).

Para os sistemas eletrônicos e suspensões não há diferenças significativas entre os subsistemas. As suspensões, por possuírem características únicas quanto à montagem e embalagem, não são incluídas no loteamento. Os sistemas eletrônicos, por serem de montagem simples e apresentarem poucas diferenças entre diferentes *jobs* (são sistemas mais recentes, com poucas variações entre cilindros e *ball joints*), podem ser loteados. A figura 4.10 apresenta um resumo do processo de seleção de *jobs* para loteamento.

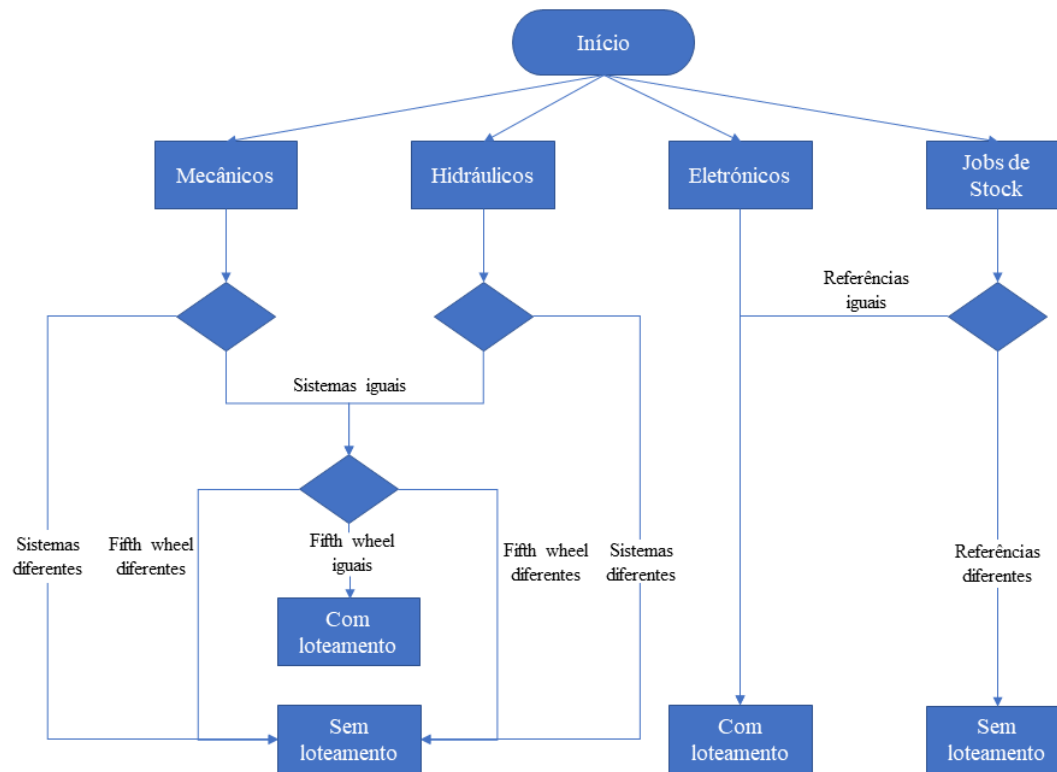


Figura 4.10. Fluxograma das decisões sobre loteamento.

4.3. Características do sistema

Entre os fatores internos definidos por Goetschalckx e Ashayeri (1989) estão as características do sistema, nomeadamente o nível de mecanização, a disponibilidade de informação e a estrutura física. Neste subcapítulo serão tratados o nível de mecanização do armazém e a disponibilidade de informação. A estrutura física do armazém (*warehouse dimensionality*) já está definida a partida como três dimensões (armazém com vários corredores e cada corredor apresenta vários níveis horizontais e verticais).

Neste subcapítulo será introduzido um sistema *parts-to-picker* com o objetivo de transformar parcialmente as operações de *picking* manuais (*shelf picking*) em operações de *picking* semiautomáticos (*vertical carousel*). Ao nível dos sistemas de informação, busca-se introduzir a automatização de processos como o código de barras para o lançamento dos materiais em sistema durante o *picking* (e consequentemente a atualização dos *stocks* em tempo real) e um sistema de fila de *jobs* para o aviamento.

4.3.1. Sistema *parts-to-picker*

Entre os problemas apresentados no diagrama de Ishikawa (figura 3.10) está o facto do armazém ser pequeno e a falta de estrutura para a arrumação de material. O mau aproveitamento de espaço gera outros problemas como o aumento das distâncias percorridas durante as atividades de *picking*, aumento do tempo necessário na procura por material e perda de material nos *stocks* (referências são trocadas ou o material é arrumado em uma localização de difícil acesso).

Esses problemas afetam especialmente materiais pequenos que são distribuídos em pequenas estantes no segundo piso. Parte desse material é utilizado em sistemas direcionais mecânicos, suspensões e principalmente em sistemas direcionais hidráulicos. A figura 4.11 mostra a disposição dos materiais pelas prateleiras do segundo piso. A falta de padronização no armazenamento torna mais árdua a procura por material e facilita a perda ou mistura entre diferentes referências.



Figura 4.11. Materiais arrumados em estantes no segundo piso.

A figura 4.12 mostra os bins visitados durante o *picking* de um *job* hidráulico HF-E, sem a implementação das propostas de melhoria. Os bins EA, DF, DG, DH, DI e DJ estão localizados no segundo piso. Nesses bins, estão arrumados materiais da montagem e materiais da *Control Unit* (departamento responsável por parte dos sistemas hidráulicos e eletrônicos). O facto desses materiais estarem localizados no segundo piso, torna a atividade de *picking* mais exaustiva. Adicionalmente, a distribuição de material pelo armazém torna-se mais complexa o que dificulta a otimização de rotas.

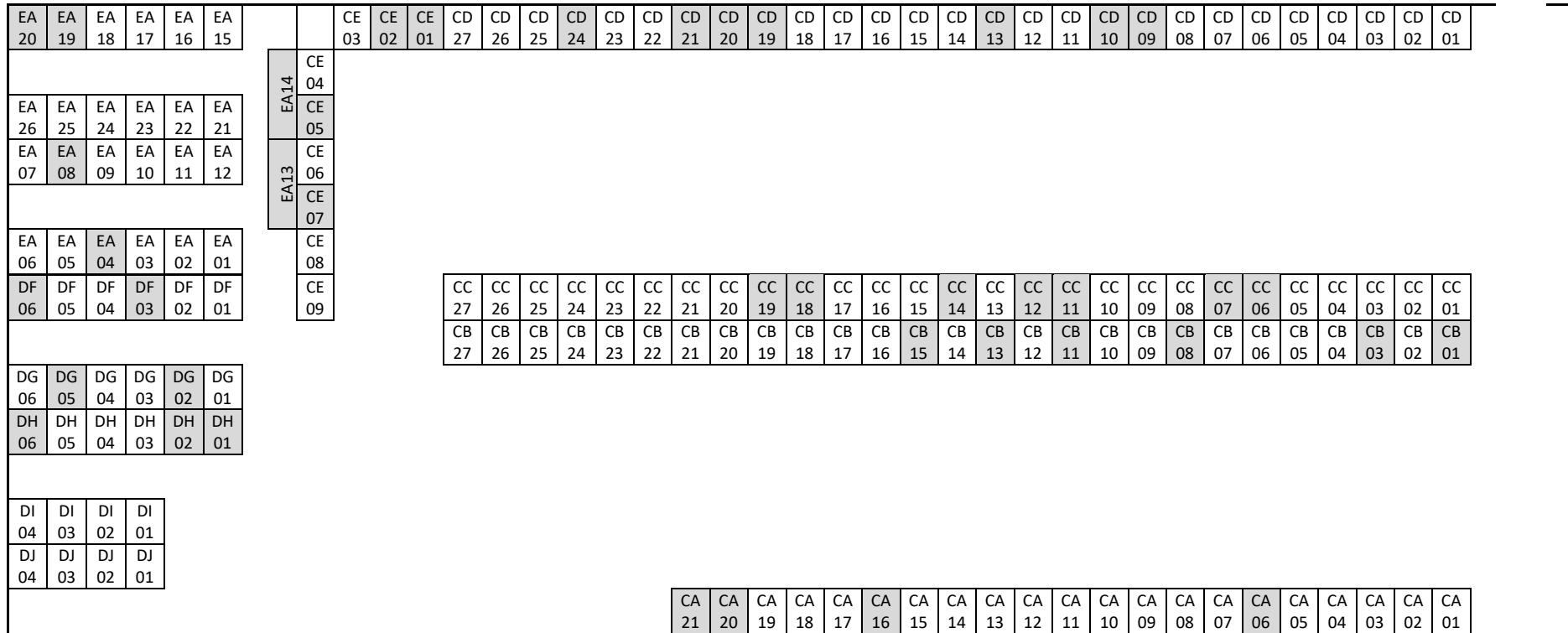


Figura 4.12. Bins visitados (cinza) durante o picking de um job HF-E, antes das propostas de melhoria.

A introdução do Kardex busca extinguir ou minimizar esses problemas. Trata-se de um sistema *parts-to-picker* baseado em uma estrutura de carrossel vertical. Esta estrutura permite restringir o acesso aos materiais somente a pessoas autorizadas, facilitar a identificação dos materiais e melhorar a ergonomia durante as atividades de *picking*. Pretende-se também, com a implementação deste sistema, aumentar o espaço disponível para a armazenagem de materiais da *Control Unit* (esse departamento está localizado no segundo piso). A figura 4.13 mostra as especificações do sistema Kardex.

| | |
|--------------------------|------------------|
| Número de divisórias | 27 |
| Capacidade por divisória | 12 caixas |
| Capacidade Total | 324 referências |
| Área ocupada | 6 m ² |

Figura 4.13. Especificações do Kardex.

Os materiais que deverão ser alocados ao sistema *parts-to-picker* devem respeitar três critérios: os materiais devem ter uma dimensão compatível com as divisórias da estrutura Kardex, os materiais devem estar localizados preferencialmente no segundo piso do armazém e os materiais devem fazer parte das *assemblies* de responsabilidade da montagem. O objetivo é reduzir a distância total percorrida durante o *picking* de *jobs* do cliente e reduzir o tempo necessário na procura e identificação do material. Isso é especialmente perceptível durante o aviamento de *jobs* hidráulicos, onde o número de visitas ao segundo piso é mais notável. Complementarmente, busca-se reduzir o problema de *routing* ao clássico problema do armazém em bloco (*single-block warehouse*).

De forma a avaliar a capacidade do sistema *parts-to-picker* e definir os materiais a serem alocados ao carrossel vertical, foi feita uma contagem das referências presentes no segundo piso do armazém. No total foram contabilizadas 761 referências nos bins DFXY, DGXY, DHXY, DIXY, DJXY e EAXY. É evidente que a capacidade do sistema *parts-to-picker* é inferior ao total de referências presentes nos bins analisados. De forma a selecionar as referências a serem alocadas ao Kardex, foi feita uma análise ABC (figura 4.14). Esta análise refere-se à presença de uma determinada referência em um *job* do cliente dentro de um período de quatro meses.

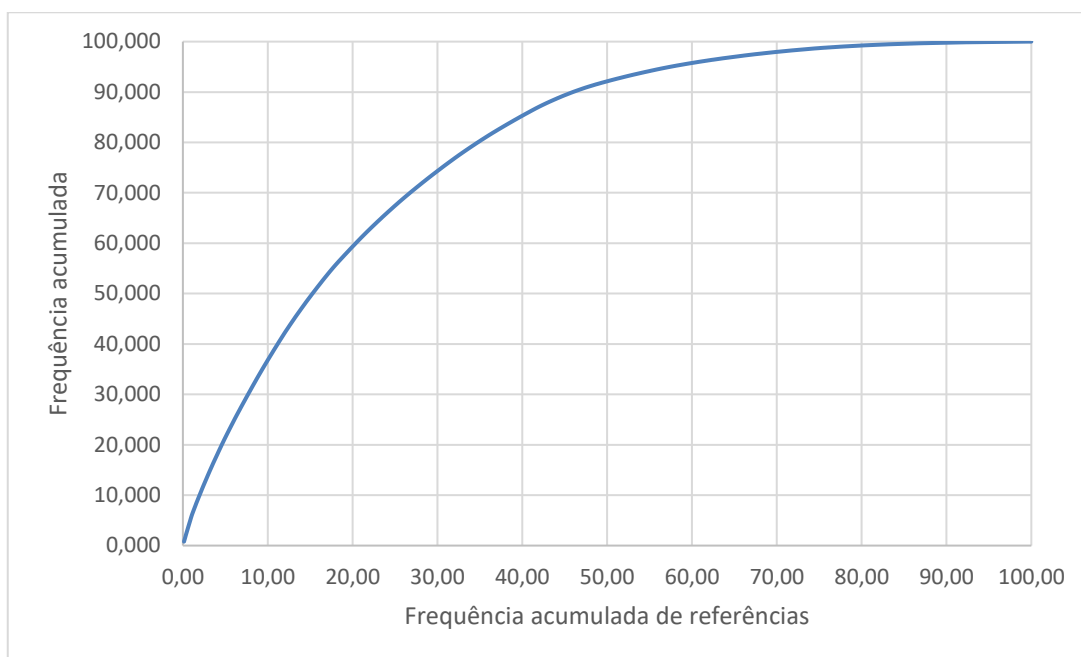


Figura 4.14. Diagrama de Pareto.

O diagrama de Pareto mostra que aproximadamente 35% do total das referências analisadas (aproximadamente 267 referências, disponível no Apêndice A) são responsáveis por 80% da frequência acumulada. Essas referências devem ter a prioridade na transferência para o carrossel vertical, e os espaços restantes devem ser ocupados pelas outras referências, seguindo o critério de frequência. A tabela 4.9 mostra os materiais presentes entre os 35% da frequência acumulada de referências.

Tabela 4.9. Materiais da frequência acumulada (35%).

| Tipo de material | Frequência | % |
|-------------------------------------|--------------|-------------|
| Lubrificação | 717 | 2% |
| Sensores | 1153 | 3% |
| Tubos | 3129 | 9% |
| Outros | 5215 | 16% |
| Rolamentos/materiais para prensagem | 8302 | 25% |
| Porcas, parafusos e acessórios | 14902 | 45% |
| Total | 33418 | 100% |

A figura 4.15 mostra o *layout* final do armazém com a inclusão do sistema *parts-to-picker*. A transferência dos materiais do segundo piso para o Kardex reduz a complexidade do *picking*, resultando em um armazém *single-block*. A introdução do carrossel vertical implica também em menor esforço na procura por materiais e concede mais espaço para o armazenamento de materiais da *Control Unit*.

Propostas

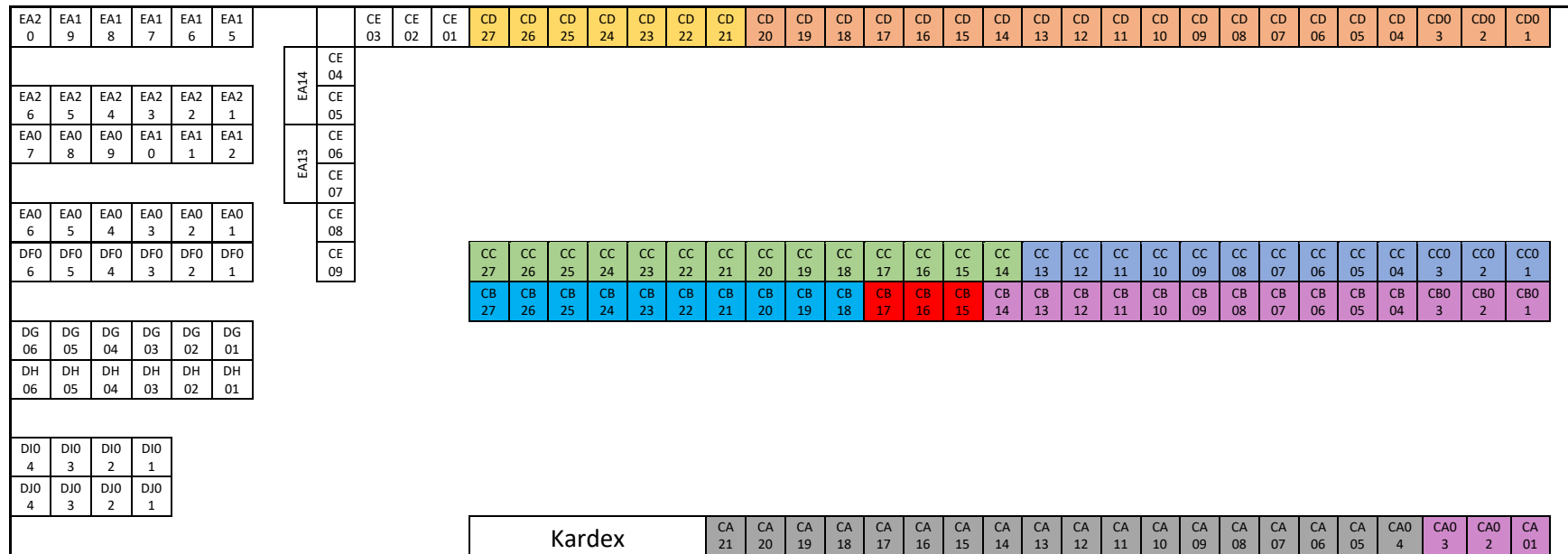


Figura 4.15. Layout do armazém com a estrutura Kardex.

4.3.2. Automatização de processos e sistemas de informação

A atividade de *picking* na Tridec é composta em maioria por operações manuais. O *order picking* começa pela comunicação dos colaboradores da produção ou do planeamento sobre as necessidades imediatas. As *picklists* são impressas e dispostas sobre a mesa e a gestão das ordens segue a regra FIFO (*first in first out*). As *picklists* são atribuídas aos *pickers* e estes seguem a rota estabelecida na *picklist*. Durante o *picking* são assinaladas as referências recolhidas e as suas respetivas quantidades. Após o *picking*, os colaboradores do armazém fazem o lançamento (*material issue*) dos materiais no sistema.

Analisando este conjunto de operações é possível perceber que a atividade de *picking* fica mais sujeita a erros devido ao facto de possuir vários procedimentos manuais, sem registo em sistema e dependentes da boa gestão de alguns colaboradores do armazém (responsáveis por organizar e sequenciar os aviamentos). O facto de não existir uma lista de *jobs* por aviar no sistema ERP facilita o esquecimento do *picking* de *jobs* (*picklists* acumuladas sobre a mesa) e dificulta o planeamento dos mesmos.

O lançamento do material em sistema (*material issue*) é feito após o *picking* de todos os materiais disponíveis e a entrega deste material à produção. Esta sequência de atividades faz com que os *stocks* não apresentem as quantidades corretas durante este intervalo de tempo. Em casos mais críticos, os colaboradores do armazém podem esquecer-se de fazer o lançamento do material e, portanto, os *stocks* ficam incorretos até a conclusão do *job* (quando este está pronto para o envio ao cliente e é verificado se todas as operações foram lançadas em sistema).

Com o objetivo de melhorar a organização dos *jobs* a aviar e facilitar o seu sequenciamento, será necessário criar no sistema ERP uma forma de apresentar uma lista com os *jobs* planeados por semana, o estado de cada *job* (*picking*, produção, controlo de qualidade ou pronto para envio), a quantidade de material disponível para cada *job* (e desta forma priorizar as ordens com mais material disponível) e a quantidade de material aviado (em percentagem). Pode ser incluído também um nível de prioridade para cada *job* e assim, a produção pode informar ao armazém a sequência das ordens de trabalho que devem ser aviadas. A figura 4.16 mostra o *dashboard* dos *jobs* planeados com as alterações sugeridas.

| Job Number | Part | Desc | Required Qty | Available | Picking | On Production | Quality Control | Picked | Priority | Required Date |
|------------|--------|-------------------------------|--------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------|-------------------------------------|---------------|
| PT163314 | 216791 | Bended partition left | 5.00 | 100% | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100% | <input type="checkbox"/> | 6/7/2022 |
| PT163314 | 140790 | Support plate 15mm replace | 10.00 | 100% | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100% | <input type="checkbox"/> | 6/7/2022 |
| PT163314 | 216788 | Back plate fifth wheel housin | 5.00 | 100% | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100% | <input type="checkbox"/> | 6/7/2022 |
| PT163314 | 216786 | Front plate 15mm | 5.00 | 100% | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100% | <input type="checkbox"/> | 6/7/2022 |
| PT163314 | 205301 | Bracket | 5.00 | 100% | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100% | <input checked="" type="checkbox"/> | 6/8/2022 |
| PT165004 | 213204 | Bearing pin | 50.00 | 90% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/7/2022 |
| PT165352 | 510106 | Plate 15 S365J2 | 4.56 | 90% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/7/2022 |
| PT168153 | 610748 | Steeringhead 132x17 | 10.00 | 90% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/9/2022 |
| PT168153 | 610748 | Steeringhead 132x17 | 10.00 | 90% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/9/2022 |
| PT168153 | 610748 | Steeringhead 132x17 | 10.00 | 90% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/9/2022 |
| PT168153 | 610747 | Head plate end 132x17 | 10.00 | 90% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/9/2022 |
| PT168153 | 610747 | Head plate end 132x17 | 10.00 | 78% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/9/2022 |
| PT168153 | 610747 | Head plate end 132x17 | 10.00 | 78% | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 0% | <input type="checkbox"/> | 6/9/2022 |

Figura 4.16. Dashboard de jobs aviados ou por aviar.

De forma a contornar o problema de lançamento do material em sistema, propõe-se a alteração da sequência de atividades. O lançamento do material deve ser feito durante a atividade de *picking*, ou seja, após o *picking* de cada referência. Isso permite a atualização dos *stocks* em tempo real e cria um método de trabalho mais consistente. Para facilitar a inserção dos dados no sistema ERP e diminuir a margem de erro, será introduzido o código de barras na *picklist* (figura 4.17).

| Qty | Part | Location | ReqDueDate |
|---|--|------------------------|------------|
| PICKLIST JOBS - TD 7/8/2022 5:13:27PM | | | |
| week 29 | | | |
| | 205155 MOUNTING PLATE SPRING BRACKET | Main location: MW PA03 | |
| 0123340-1-2 0 / 130 | 18 | | Fri 22/7 |
| 18 x | 205155 | | |
| <hr/> | | | |
| | 206395 MUDGUARD SUPPORT L=575 MM ASSEMBLY | Main location: MW PA01 | |
| 0123340-1-2 0 / 190 | 36 | | Fri 22/7 |
| 36 x | 206395 | | |
| <hr/> | | | |
| | 208019 AXLE MOUNTING FRAME 1200-100 ZINC | Main location: MW PA01 | |
| 0123340-1-2 1 / 60 | 9 | | Fri 22/7 |
| 9 x | 208019 | | |
| <hr/> | | | |
| | 216494 TD FRAME BEAM BOLTED | Main location: MW 1A1A | |
| 0123340-1-2 1 / 50 | 9 | | Fri 22/7 |
| 9 x | 216494 | | |
| <hr/> | | | |
| | 601096 ANGLE SECTION 965 TDC2 M | Main location: MW PA01 | |
| 0123340-1-2 0 / 100 | 18 | | Fri 22/7 |
| 18 x | 601096 | | |

Figura 4.17. Picklist com a implementação do código de barras.

Para possibilitar essas alterações no método de trabalho, faz-se necessária a aquisição de alguns equipamentos. Para integrar o sistema de código de barras ao *picking*, será necessária a aquisição de leitores de código de barras. Para fazer o lançamento dos materiais em sistema, será necessário um ecrã com acesso à rede e ao sistema ERP (figura 4.18). Os leitores de código de barras e os sistemas informáticos devem ser integrados e distribuídos entre os empilhadores disponíveis para o *picking*.



Figura 4.18. Leitor de código de barras e ecrã.

4.4. Política de *routing*

A política de *routing* segue, no modelo atual, a sequência lógica das operações de montagem. O *picking* começa pelos materiais da *assembly 0* e segue até a *assembly final*. Esta lógica de *picking* busca facilitar a separação dos materiais durante o aviamento e consequentemente facilitar as operações de montagem. Entretanto, na prática o material não é separado e o tempo e a distância total percorrida são substancialmente aumentados. De facto, a sequência de rotas adotada na *picklist* resulta na visita de um bin mais que uma vez para alguns materiais e, de forma semelhante, bins próximos não são visitados em sequência por pertencerem a *assemblies* diferentes.

A política de *routing* atual não apresenta uma justificação lógica para os *pickers*, uma vez que a separação do material não é feita durante o *picking*. Adicionalmente, a complexidade desta operação faz com que o método escolhido não seja seguido. Isso resulta em rotas aleatórias, fundamentadas apenas na percepção dos *pickers* sobre o bin mais próximo a ser visitado. Portanto, a adoção de políticas de *routing* mais compreensíveis para o *picker* pode facilitar a sua adesão. A tabela 4.10 apresenta a *picklist* de um *job* mecânico TR, onde foram excluídas as referências com bins na parte externa à fábrica e materiais de kanban (a *picklist* completa pode ser vista no Anexo A).

Tabela 4.10. *Picklist* de um job mecânico TR.

| Assbly | PartNum | PartDescription | ReqQty | Bin | JobOper |
|--------|---------|------------------------------|--------|-------|---------------|
| 0 | 202564 | Modified nyloc nut | 4 | EA09A | Montagem PAV2 |
| 0 | 203239 | Rod guidance TR | 6 | CD07C | Montagem PAV2 |
| 0 | 310495 | Split pin 5.8x60 DIN94 | 12 | CC06A | Montagem PAV2 |
| 1 | 214766 | Rear support | 2 | CB05B | Montagem PAV2 |
| 3 | 310022 | Bolt M16x40 Socket countersu | 4 | CB19A | Montagem PAV2 |
| 5 | 216089 | Steering beam | 2 | CB10C | Montagem PAV2 |
| 5 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 4 | CE04D | Montagem PAV2 |
| 5 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 4 | DG03E | Montagem PAV2 |
| 6 | 215187 | Steering beam | 2 | CC22A | Montagem PAV2 |
| 6 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 4 | CE04D | Montagem PAV2 |
| 6 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 4 | DG03E | Montagem PAV2 |
| 7 | 601104 | Mounting set | 2 | CD08A | Montagem PAV2 |
| 7 | 607405 | Zero-point strip | 2 | DF01A | Montagem PAV2 |
| 7 | 613171 | Centerlink | 2 | CB04B | Montagem PAV2 |
| 9 | 207310 | Steering wedge | 2 | CB22A | Montagem PAV2 |
| 9 | 207727 | Block wedge | 2 | CB21A | Montagem PAV2 |
| 9 | 310727 | Kingpin 2" Jost KZ1012 | 2 | CB18A | Montagem PAV2 |
| 9 | 311902 | Bolt M14x35 Kingpin | 16 | CB21B | Montagem PAV2 |
| 10 | 217706 | Support plate | 2 | CB11B | Montagem PAV2 |
| 10 | 218347 | Crossed roller bearing | 2 | CC08A | Montagem PAV2 |
| 10 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 4 | CE04D | Montagem PAV2 |
| 10 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 4 | DG03E | Montagem PAV2 |
| 10 | 614034 | Turning plate | 2 | CB10A | Montagem PAV2 |

Como apresentado na tabela 4.10 alguns bins são visitados mais que uma vez e a sequência de *picking* segue o número da *assembly* (Assbly). A figura 4.19 apresenta o diagrama de *spaghetti* do *job* mecânico TR apresentado na tabela 4.10.

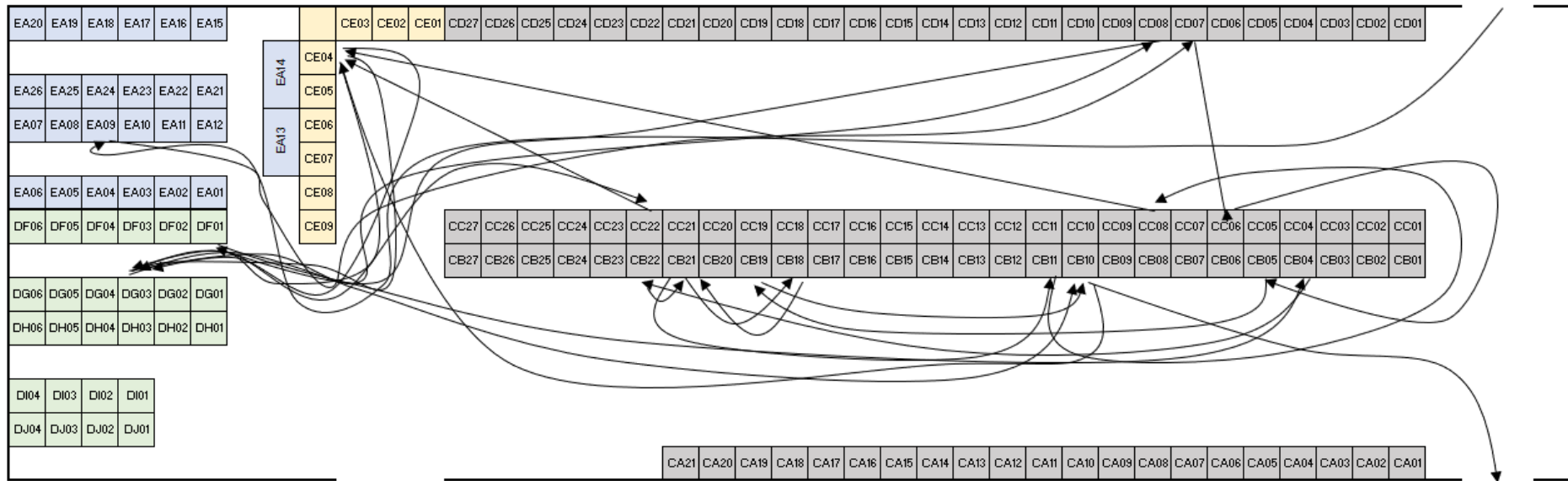


Figura 4.19. Diagrama de Spaghetti de um job TR.

Apesar do *picking* de um *job* mecânico ser simples quando comparado ao *picking* de *jobs* hidráulicos, percebe-se pelo diagrama de *spaghetti* que o facto da *picklist* estar organizada e sequenciada pelo número da *assembly* gera várias movimentações desnecessárias. Esses desperdícios são representados pelas linhas mais longas (por exemplo, o percurso entre CB10C e CE04D, onde o *picker* ignora os bins CB10A, CB11B, CB18A, CB21A, CB21B e CB22A).

Com o objetivo de melhorar a eficiência da atividade de *picking*, deve ser idealizada uma nova política de *routing*. Esta política deve estar alinhada com a distribuição das famílias pelo armazém. A partir deste ponto, é perceptível a interdependência entre os quatro problemas de planeamento ao nível do *order picking*. A forma de distribuição das famílias de produtos pelo armazém afeta o problema de loteamento e a escolha da política de *routing*.

A política de *routing* escolhida deve ser simples, uma vez que o armazém é pequeno e possui um *layout* simples (*single-block warehouse*), deve ser compreensível para os colaboradores do armazém e deve ser compatível com a natureza do *picking* (abastecimento da produção). Desta forma, a opção mais compatível com os critérios expostos é o método S-Shape. No método S-Shape todos os corredores contendo ao menos uma referência a ser recolhida é atravessada totalmente (à exceção do último corredor, onde este pode ser atravessado parcialmente ou totalmente). Este método apresenta melhor desempenho quando os corredores atravessados possuem vários materiais a serem levantados, o que acontece em armazéns de abastecimento da produção.

O armazém da Tridec tem como função principal abastecer a produção. Como apresentado na figura 3.8 (média de *assemblies* e referências por tipo de sistema), os sistemas produzidos na Tridec possuem pelo menos 23 referências por *job* (tendo como referência os sistemas TDs). Apesar deste número não representar a quantidade de referências que devem ser recolhidas por *job* (alguns materiais são encontrados nos *kanbans*), este número apresenta-se como um bom indicativo da natureza do *picking* e, portanto, dá suporte à escolha do método S-Shape como política de *routing* deste armazém. A tabela 4.11 apresenta a *picklist* do *job* mecânico TR (Anexo A) com a introdução do método S-Shape. A *picklist* apresenta também as alterações sugeridas na distribuição dos materiais pelo armazém (agrupados em famílias) e a introdução do sistema *parts-to-picker* (Kardex).

Tabela 4.11. *Picklist* de um job mecânico TR com S-Shape.

| Assbly | PartNum | PartDescription | ReqQty | Bin | JobOper |
|--------|---------|------------------------------|--------|--------|---------------|
| 10 | 614034 | Turning plate | 2 | CD02A | Montagem PAV2 |
| 9 | 207310 | Steering wedge | 2 | CD03B | Montagem PAV2 |
| 9 | 207727 | Block wedge | 2 | CD03C | Montagem PAV2 |
| 1 | 214766 | Rear support | 2 | CD04B | Montagem PAV2 |
| 10 | 218347 | Crossed roller bearing | 2 | CD05A | Montagem PAV2 |
| 7 | 613171 | Centerlink | 2 | CD09A | Montagem PAV2 |
| 9 | 310727 | Kingpin 2" Jost KZ1012 | 2 | CD14A | Montagem PAV2 |
| 9 | 311902 | Bolt M14x35 Kingpin | 16 | CD14B | Montagem PAV2 |
| 10 | 217706 | Support plate | 2 | CD17A | Montagem PAV2 |
| 6 | 215187 | Steering beam | 2 | CD22A | Montagem PAV2 |
| 5 | 216089 | Steering beam | 2 | CD26A | Montagem PAV2 |
| 5 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 4 | CE04D | Montagem PAV2 |
| 6 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 4 | CE04D | Montagem PAV2 |
| 10 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 4 | CE04D | Montagem PAV2 |
| 0 | 202564 | Modified nyloc nut | 4 | Kardex | Montagem PAV2 |
| 5 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 4 | Kardex | Montagem PAV2 |
| 6 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 4 | Kardex | Montagem PAV2 |
| 7 | 607405 | Zero-point strip | 2 | Kardex | Montagem PAV2 |
| 10 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 4 | Kardex | Montagem PAV2 |
| 0 | 310495 | Split pin 5.8x60 DIN94 | 12 | CB13A | Montagem PAV2 |
| 0 | 203239 | Rod guidance TR | 6 | CB10C | Montagem PAV2 |
| 7 | 601104 | Mounting set | 2 | CB06C | Montagem PAV2 |
| 3 | 310022 | Bolt M16x40 Socket countersu | 4 | CB02D | Montagem PAV2 |

A figura 4.20 apresenta o diagrama de *spaghetti* do job TR com a introdução do método S-Shape, com a distribuição dos materiais em famílias e a inclusão do sistema *picker-to-parts*. O *picking* inicia-se no *depot*, segue pelo corredor mais próximo com material a ser levantado (CDXY) e ao fim os materiais são entregues à produção. Nos *jobs* de sistemas eletrônicos EF-S e suspensões o *picker* atravessará apenas o corredor CBXY/CAXY, saindo pelo mesmo lado para entregar o material à produção. Da mesma forma, para reabastecer os postos com material *kanban*, será necessário percorrer apenas o corredor contendo a família *Miscellaneous*.

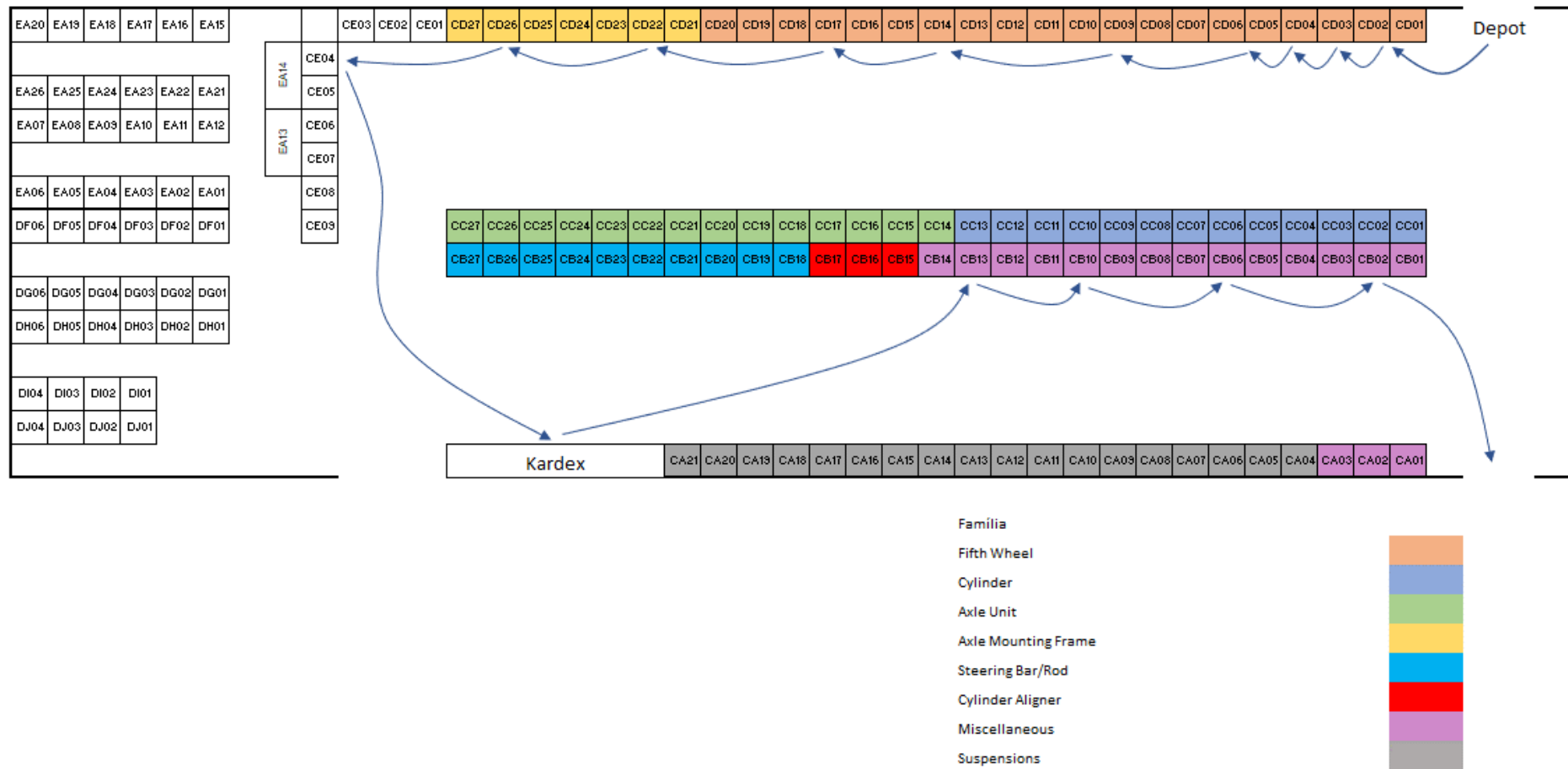


Figura 4.20. Diagrama de *Spaghetti* de um job mecânico TR com S-Shape.

De forma a verificar a influência de cada alteração no desempenho do *picking* foi calculada a distância percorrida no aviamento do *job* mostrado no Anexo A. Nesta comparação foram criados diferentes cenários para avaliar o impacto de cada alteração. O primeiro cenário mostra a distância percorrida pelo *picker* durante o aviamento de material nas condições atuais, sem qualquer alteração. No segundo cenário o método de atribuição de localização é alterado e é introduzido o sistema *parts-to-picker*. No terceiro cenário apenas a política de *routing* é alterada, com a introdução do método S-Shape. O quarto cenário apresenta alterações na política de *routing*, na estratégia de atribuição de localização e a introdução do sistema *parts-to-picker*. A tabela 4.12 mostra o desempenho do *picking* em cada cenário.

Tabela 4.12. Comparação entre o desempenho de cada cenário.

| Cenário | Distância percorrida |
|---|----------------------|
| Sem alterações (<i>AS-IS</i>) | 309,7 m |
| Somente atribuição de localização e Kardex | 254,8 m |
| Somente <i>routing</i> | 77,8 |
| <i>Routing</i> , atribuição de localização e Kardex | 61,4 m |

Os resultados mostram que, para o caso em estudo, as sugestões de melhoria tem impacto significativo no desempenho do *picking*. A alteração na política de *routing* tem maior impacto quando comparado à mudança na estratégia de atribuição de localização e a introdução do sistema *parts-to-picker*. Esse resultado era previsível, uma vez que a *picklist* atual não apresenta qualquer preocupação com as distâncias percorridas. Portanto, a introdução de uma política de *routing* minimamente otimizada teria grande impacto na distância total percorrida durante o *picking*. Apesar do maior impacto da política de *routing* sobre o desempenho, é possível perceber que a combinação entre todas as sugestões de melhoria apresenta o melhor resultado.

Com o objetivo de avaliar o impacto do loteamento sobre o desempenho do *picking* foi feita uma comparação entre as distâncias percorridas em cada *job*, a distância total percorrida como resultado da soma destas duas distâncias e a distância percorrida no *picking* desses *jobs* com loteamento. Novamente, o *job* selecionado para esta análise está apresentado no Anexo A com a *picklist* mostrada na tabela 4.11. De forma a respeitar o fluxograma das decisões sobre o loteamento (figura 4.10), foi selecionado um segundo *job*

(*picklist* mostrada no Apêndice B) com as mesmas características do primeiro *job*: sistema mecânico TR com o mesmo tipo de *fifth wheel (linear)*. A tabela 4.13 mostra a comparação entre a distância total percorrida sem loteamento e com loteamento.

Tabela 4.13. Distâncias percorridas com e sem loteamento.

| Cenário | Distância percorrida |
|----------------------|----------------------|
| <i>Picking job 1</i> | 61,4 m |
| <i>Picking job 2</i> | 61,4 m |
| Total sem loteamento | 122,8 m |
| Total com loteamento | 61,4 m |

Os resultados mostram que, para o caso em estudo, a distância total percorrida para o cenário sem loteamento é o dobro em relação ao cenário com loteamento. Isso era expectável, uma vez que o *picking* (bins e famílias de produto) para os dois *jobs* é semelhante e, portanto, possuem aproximadamente o mesmo percurso.

5. CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do estudo e algumas propostas para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões

Esta dissertação foi desenvolvida com o objetivo de aumentar a eficiência da atividade de *picking* num ambiente de abastecimento da produção. A otimização do *picking* exige a alteração do seu desenho e isso inclui um conjunto de fatores internos e externos que exercem influência sobre o seu desempenho. No âmbito desta dissertação, foi assumido que os fatores externos são incontroláveis e, portanto, uma série de melhorias foi implementada ao nível interno. Entre os fatores internos que geram impacto no desempenho do *picking* destacam-se quatro problemas de planeamento que são estudados intensamente no ambiente académico: atribuição de localização aos materiais no armazém, loteamento de pedidos, *picking* por zonas e política de *routing*.

Com vista a alcançar o principal objetivo desta dissertação, objetivos secundários foram estabelecidos. Esses objetivos estão relacionados aos fatores internos e são compatíveis com as características do armazém em estudo: alteração da metodologia de atribuição de localização aos materiais no armazém, adoção de uma metodologia de loteamento de pedidos e otimização da política de *routing*. Para além destes objetivos, procurou-se facilitar a identificação e recolha de material e criar metodologias de trabalho mais consistentes.

Segundo Tompkins *et al.* (2003), a distância percorrida durante a atividade de *picking* é uma das variáveis de maior impacto no tempo total de *order picking* (figura 2.5). Portanto, neste estudo, procurou-se estimar o impacto das propostas de melhoria através da quantificação das distâncias percorridas durante o aviamento de material. Apesar da impossibilidade de implementar as propostas de melhoria durante o período de desenvolvimento desta dissertação, alguns resultados importantes foram obtidos através de simulação.

Os resultados mostram que, para o caso em estudo, foi possível diminuir a distância total percorrida durante o *picking* através da alteração da política de atribuição de localização aos materiais no armazém e otimização da política de *routing*. Foram elaborados vários cenários para avaliar o impacto de cada proposta e compará-los ao cenário atual (*as-is*). A alteração da política de *routing* apresentou o maior impacto na diminuição da distância percorrida pelo *picker*, entretanto, a combinação entre todas as propostas de melhoria apresentou o melhor resultado.

A alteração da política de distribuição de material pelo armazém (armazenamento em famílias em substituição ao armazenamento aleatório) possibilitou também o loteamento de *jobs* do mesmo tipo, uma vez que estes *jobs* possuem a mesma estrutura de material (mesmas famílias). Com o loteamento de pedidos foi possível reduzir em 50% a distância percorrida durante o *picking*. Outras propostas de melhoria como a alteração dos sistemas de informação e adoção de ferramentas de automatização não foram incluídas no cálculo do indicador de desempenho, entretanto devem contribuir para dar mais consistência ao método de trabalho.

5.2. Propostas futuras

O presente trabalho foi desenvolvido no contexto de abastecimento de células de montagem. Neste sentido, é possível sugerir como proposta de trabalho futuro a otimização do segundo armazém da Tridec que tem por finalidade abastecer células de produção (maquinação, soldadura, corte etc.). Neste ambiente, os *jobs* possuem aspetos diferentes e, portanto, apresentam desafios diferentes. Ainda no contexto do *order picking* é possível sugerir a análise e desenvolvimento de um novo *layout*, uma vez que a Tridec possui planos de expansão da sua fábrica.

Nesta dissertação não foram considerados os fatores externos que influenciam o desempenho do *order picking*: canais de *marketing*, padrão de procura dos clientes, padrão de reabastecimento dos fornecedores e níveis de inventário, a procura global de cada produto e a condição económica. Entretanto, num trabalho futuro, estes aspetos podem ser considerados e o impacto de cada fator no desempenho do *picking* pode ser estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, Ramaa., N. Subramanya, K., & M. Rangaswamy, T. (2012). Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1), 14–20.
- Anđelković, A., & Radosavljević, M. (2018). Improving order-picking process through implementation of warehouse management system. *Strategic Management*, 23(2), 3–10.
- Atieh, A. M., Kaylani, H., Al-Abdallat, Y., Qaderi, A., Ghoul, L., Jaradat, L., & Hdairis, I. (2016). Performance Improvement of Inventory Management System Processes by an Automated Warehouse Management System. In *Procedia CIRP* (Vol. 41, pp. 568–572). Elsevier B.V.
- Broulias, G. P., Marcoulaki, E. C., Chondrocoukis, G. P., & Laios, L. G. (2005). Warehouse Management for Improved Order Picking Performance: An Application Case Study From The Wood Industry. *Department of Industrial Management & Technology, University of Piraeus*.
- Brynzér, H., & Johansson, M. I. (1996). Storage location assignment: Using the product structure to reduce order picking times. *International Journal of Production Economics*, 46–47, 595–603.
- Choe, K., Sharp, G.P. (1991). Small parts order picking: design and operation. Acedido em 24 de Abril 2022 em:
<https://www2.isye.gatech.edu/~mgoetsch/cali/Logistics%20Tutorial/order/article.htm>
- Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M. (2009). Design of order picking system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(1–2), 1–12.
- De Koster, M. B. M. (2012). Warehouse Assessment in a Single Tour. In *Springer 4* (Vol. 9781447122746, pp. 457–473). TUT Press.
- De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501.
- De Koster, R., Neuteboom, A.J. (2001). *The Logistics of Supermarket Chains*. Elsevier, Doetinchem.
- Frazelle, E.H. (2002). *World-class Warehousing and Material Handling*. McGraw Hill, New York.

-
- Fukunari, M., Malmborg, C. J. (2008). A heuristic travel time model for random storage systems using closest open location load dispatching. *International Journal of Production Research*, 46(8), 2215–2228.
- Goetschalckx, M., Ashayeri, J. (1989). Classification and design of order picking systems. *Logistics World* (June), 99–106.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21.
- Ho, Y. C., & Tseng, Y. Y. (2006). A study on order-batching methods of order-picking in a distribution centre with two cross-aisles. *International Journal of Production Research*, 44(17), 3391–3417.
- Hwang, H., Baek, W. J., & Lee, M. K. (1988). Clustering algorithms for order picking in an automated storage and retrieval system. *International Journal of Production Research*, 26(2), 189–201.
- Muppani (Muppant), V. R., & Adil, G. K. (2008). A branch and bound algorithm for class-based storage location assignment. *European Journal of Operational Research*, 189(2), 492–507.
- Petersen, C.G., 1997. An evaluation of order picking routing policies. *International Journal of Operations & Production Management* 17 (11), 1098–1111.
- Petersen, C. G., & Schmenner, R. W. (1999). An evaluation of routing and volume-based storage policies in an order picking operation. *Decision Sciences*. Decision Sciences Institute.
- Redmer A., 2020. Analysis of the length of order picking paths determined using the S-shape method. *LogForum* 16(1), 33-46.
- Roodbergen, K. J., & De Koster, R. (2001). Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. *International Journal of Production Research*, 39(9), 1865–1883.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. M. (2000, May 1). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*. Elsevier Science B.V.
- Silva, A., Coelho, L. C., Darvish, M., & Renaud, J. (2020). Integrating storage location and order picking problems in warehouse planning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 140.
- Scholz, A., & Wäscher, G. (2017). Order Batching and Picker Routing in manual order picking systems: the benefits of integrated routing. *Central European Journal of Operations Research*, 25(2), 491–520.

- Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A. (2003). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons, NJ.
- Yu, M., & De Koster, R. B. M. (2009). The impact of order batching and picking area zoning on order picking system performance. *European Journal of Operational Research*, 198(2), 480–490.

ANEXO A

Job: 0118977-1-5



Semana : 24 6/15/2022

Page 1 of 1

0402 TR 2 Tridec mechanical steering system type [prodcode] fo

| | |
|--|--|
| <p>Job nr: 0118977-1-5</p> <p>Partnr: 0402 TR 2 a: Tridec mechanical steering system type [prodcode]</p> <p>Prod.Qty: 2.00</p> | <p>Cópia: Armazém</p> <p>Page 1 of 1</p> <p>6/15/2022 2:53:19f</p> |
|--|--|

| Assbly | SeqMtl | PartNum | PartDescription | PullQty | ReqQty | IUM | MtlOpenQt | BinNm | Prim Bin | JobOper | |
|--------|--------|-------------|------------------------------|---------|--------|-----|-----------|-----------|----------|---------------|--------------------------|
| 0.00 | 130.00 | 203697 | Steering bar 202310 JLJR (SL | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | RUAH | RUAH | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 0.00 | 140.00 | 310495 | Split pin 5.8x60 DIN94 | 0.00 | 12.00 | PC | 12.00 | CC06A | CC06A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CC06A | | <input type="checkbox"/> |
| 0.00 | 150.00 | 203239 | Rod guidance TR | 0.00 | 6.00 | PC | 6.00 | CD07C | CD07C | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CD07C | | <input type="checkbox"/> |
| 0.00 | 160.00 | 202564 | Modified nyloc nut | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | EA09A | EA09A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 0.00 | 170.00 | 200836_long | Steering bar 200246 JLJR (SL | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | | | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 1.00 | 10.00 | 214766 | Rear support | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CB05B | CB05B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 2.00 | 20.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 24.00 | PC | 24.00 | CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPak | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 2.00 | 30.00 | 206037 | Press bolt M16x55 | 0.00 | 20.00 | PC | | Kanbanesp | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 2.00 | 40.00 | 311512 | Bolt M16x40 Hexagon flange | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | CC11A | CC11A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CC11A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CC11A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CC11A | | <input type="checkbox"/> |
| 2.00 | 50.00 | 616197 | Crossmember 970-230 | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | Ruaest | Ruaest | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 3.00 | 20.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 24.00 | PC | 24.00 | CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPak | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 3.00 | 30.00 | 206037 | Press bolt M16x55 | 0.00 | 20.00 | PC | | Kanbanesp | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 3.00 | 40.00 | 310022 | Bolt M16x40 Socket countersu | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | CB19A | CB19A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CB19A | | <input type="checkbox"/> |
| 3.00 | 50.00 | 208732 | Crossmember | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | Ruaest | Ruaest | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 3.00 | 60.00 | 205914 | Crossmember 980-170 | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | Ruaest | Ruaest | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | Ruaest | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 10.00 | 206037 | Press bolt M16x55 | 0.00 | 52.00 | PC | | Kanbanesp | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 20.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 52.00 | PC | 52.00 | CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |

Job: 0118977-1-5



Semana : 24 6/15/2022

Page 1 of 1

0402 TR 2 Tridec mechanical steering system type [prodcode] fo

| | |
|--|--|
| <p>Job nr: 0118977-1-5</p> <p>Partnr: 0402 TR 2 a: Tridec mechanical steering system type [prodcode]</p> <p>Prod.Qty: 2.00</p> | <p>Cópia: Armazém</p> <p>Page 1 of 1</p> <p>6/15/2022 2:53:19F</p> |
|--|--|

| Assbly | SeqMtl | PartNum | PartDescription | PullQty | ReqQty | IUM | MtlOpenQt | BinNm | Prim Bin | JobOper | |
|--------|--------|---------|-------------------------------|---------|--------|-----|-----------|-----------|----------|---------------|--------------------------|
| | | | | | | | | KanbanPac | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 30.00 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | DG03E | DG03E | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | DG03E | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | DG03E | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 40.00 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | CE04A | CE04D | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | CE04D | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 50.00 | 603102 | Type sticker | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | DO06A | | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 60.00 | 208019 | Axle mounting frame | 0.00 | 2.00 | PC | | NON | RUAC | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | RUAC | RUAC | | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 70.00 | 602818 | Turntable bearing 1100 double | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | RUAB | RUAB | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 5.00 | 80.00 | 216089 | Steering beam | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CB10C | CB10C | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 10.00 | 206037 | Press bolt M16x55 | 0.00 | 52.00 | PC | | Kanbanesp | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 20.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 52.00 | PC | 52.00 | CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 30.00 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | DG03E | DG03E | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | DG03E | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | DG03E | | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 40.00 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | CE04A | CE04D | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | CE04D | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 50.00 | 208020 | Axle mounting frame | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | ARM2 | | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 60.00 | 602818 | Turntable bearing 1100 double | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | RUAB | RUAB | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 6.00 | 70.00 | 215187 | Steering beam | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CC22A | CC22A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 7.00 | 40.00 | 310941 | Bolt M16x75 Hexagon | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | EA10C | EA24C | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | EA24C | EA24C | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp | EA24C | | <input type="checkbox"/> |
| 7.00 | 50.00 | 601104 | Mounting set | 0.00 | 2.00 | PC | | KanbanPac | MOCA03 | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | MOCA03 | MOCA03 | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | MOCA03 | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDOUT | MOCA03 | | <input type="checkbox"/> |
| 7.00 | 60.00 | 607405 | Zero-point strip | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | arm2 | ARM2 | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | ARM2 | | <input type="checkbox"/> |

Job: 0118977-1-5



Semana : 24 6/15/2022

Page 1 of 1

0402 TR 2 Tridec mechanical steering system type [prodcode] fo

| | |
|---|--|
| <p>Job nr: 0118977-1-5</p> <p>Partnr: 0402 TR 2 a: Tridec mechanical steering system type [prodcode]</p> <p>Prod.Qty: 2.00</p> | <p>Cópia: Armazém</p> <p>Page 1 of 1</p> <p>6/15/2022 2:53:19F</p> |
|---|--|

| Assbly | SeqMtl | PartNum | PartDescription | PullQty | ReqQty | IUM | MtlOpenQt | BinNrm | Prim Bin | JobOper | |
|--------|--------|---------|------------------------------|---------|--------|-----|-----------|-----------|----------|---------------|--------------------------|
| 7.00 | 70.00 | 613171 | Centerlink | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CB04B | CB04B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 7.00 | 80.00 | 603102 | Type sticker | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | DO06A | | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 20.00 | 206037 | Press bolt M16x55 | 0.00 | 14.00 | PC | | Kanbanes | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 30.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 24.00 | PC | 24.00 | CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanes | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 40.00 | 206586 | Press bolt M16x57 countersun | 0.00 | 10.00 | PC | 10.00 | CB19B | CB19B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanes | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 50.00 | 310082 | Grease nipple M8x1 + cover | 0.00 | 8.00 | PC | 8.00 | CE09A | CE09A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanes | CE09A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CE09A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CE09A | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 70.00 | 310088 | Adapter nipple M8 x 1 90° | 0.00 | 8.00 | PC | 8.00 | CE09D | CE09D | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanes | CE09D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CE09D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CE09D | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 80.00 | 310093 | Grease hose Ø6x1.5 PA 12-HI | 0.00 | 8.20 | M | 8.20 | ARM2 | CD18A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | CD18A | CD18A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CD18A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TendIN | CD18A | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 90.00 | 602820 | Turntable bearing 850 | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | ARM2 | RUAB | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | CRUA1 | RUAB | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | RUAB | RUAB | | <input type="checkbox"/> |
| 8.00 | 100.00 | 603102 | Type sticker | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | DO06A | | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | | | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 10.00 | 600734 | Turntable plate | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | RuaE | RuaE | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 20.00 | 207310 | Steering wedge | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CB22A | CB24D | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CB24D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CB24D | | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 50.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 36.00 | PC | 36.00 | CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanes | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac | CB23B | | <input type="checkbox"/> |

Job: 0118977-1-5



Semana : 24 6/15/2022

Page 1 of 1

0402 TR 2 Tridec mechanical steering system type [prodcode] fo

| | |
|---|--|
| <p>Job nr: 0118977-1-5</p> <p>Partnr: 0402 TR 2 a: Tridec mechanical steering system type [prodcode]</p> <p>Prod.Qty: 2.00</p> | <p>Cópia: Armazém</p> <p>Page 1 of 1</p> <p>6/15/2022 2:53:19F</p> |
|---|--|

| Assbly | SeqMtl | PartNum | PartDescription | PullQty | ReqQty | IUM | MtlOpenQt | BinNrm | Prim Bin | JobOper | |
|--------|--------|---------|------------------------------|---------|--------|-----|-----------|-----------------|----------|---------------|--------------------------|
| 9.00 | 60.00 | 206586 | Press bolt M16x57 countersun | 0.00 | 36.00 | PC | 36.00 | KanbanT CB19B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp CB19B | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac CB19B | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB19B | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON CB19B | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN CB19B | CB19B | | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 70.00 | 207727 | Block wedge | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | Kanbanesp CB21A | CB21A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB21A | CB21A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON CB21A | CB21A | | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 90.00 | 310727 | Kingpin 2" jost KZ1012 | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | KanbanT CB18A | CB18A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB18A | CB18A | | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 100.00 | 311567 | Bolt M10x30 Hexagon flange | 0.00 | 6.00 | PC | 6.00 | Kanbanesp CB24A | CB24A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB24A | CB24A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON CB24A | CB24A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN CB24A | CB24A | | <input type="checkbox"/> |
| 9.00 | 110.00 | 311902 | Bolt M14x35 Kingpin | 0.00 | 16.00 | PC | 16.00 | Kanbanesp CB21B | CB21B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB21B | CB21B | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 10.00 | 206037 | Press bolt M16x55 | 0.00 | 6.00 | PC | | Kanbanesp CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 20.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 24.00 | PC | 24.00 | Kanbanesp CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 30.00 | 206038 | Nut M16 Hexagon flange | 0.00 | 6.00 | PC | 6.00 | Kanbanesp CB23B | CB23B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanPac CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT CB23B | CB23B | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 50.00 | 217706 | Support plate | 0.00 | 2.00 | PC | | NON RuaE | RuaE | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | RuaE RuaE | RuaE | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 60.00 | 218347 | Crossed roller bearing | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CC08A | CC08A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 70.00 | 310009 | Nut M8 Hexagon nylon lock | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | CE04A | CE04D | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | CE04D | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | Kanbanesp CE04D | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra CE04D | CE04D | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 80.00 | 310082 | Grease nipple M8x1 + cover | 0.00 | 16.00 | PC | 16.00 | CE09A | CE09A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |

Job: 0118977-1-5



Semana : 24 6/15/2022

Page 1 of 1

0402 TR 2 Tridec mechanical steering system type [prodcode] fo

| | |
|---|--|
| <p>Job nr: 0118977-1-5</p> <p>Partnr: 0402 TR 2 a: Tridec mechanical steering system type [prod</p> <p>Prod.Qty: 2.00</p> | <p>Cópia: Armazém</p> <p>Page 1 of 1</p> <p>6/15/2022 2:53:19F</p> |
|---|--|

| Assbly | SeqMtl | PartNum | PartDescription | PullQty | ReqQty | IUM | MtlOpenQt | BinNrm | Prim Bin | JobOper | |
|---|--------|---------|-----------------------------|---------|--------|-----|-----------|-----------|----------|---------------|--------------------------|
| | | | | | | | | KanbanSp | CE09A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CE09A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CE09A | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 90.00 | 310088 | Adapter nipple M8 x 1 90° | 0.00 | 16.00 | PC | 16.00 | CE09D | CE09D | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanSp | CE09D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanT | CE09D | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CE09D | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 100.00 | 310093 | Grease hose Ø6x1.5 PA 12-HI | 0.00 | 4.50 | M | 4.50 | ARM2 | CD18A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | CD18A | CD18A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CD18A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TendIN | CD18A | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 110.00 | 310978 | Bolt M8x35 Socket | 0.00 | 4.00 | PC | 4.00 | DG03E | DG03E | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanSp | DG03E | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanFra | DG03E | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 120.00 | 311512 | Bolt M16x40 Hexagon flange | 0.00 | 36.00 | PC | 36.00 | CC11A | CC11A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanSp | CC11A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | NON | CC11A | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CC11A | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 130.00 | 311898 | Bolt M16x90 Hexagon flange | 0.00 | 24.00 | PC | 24.00 | CC21B | CC21B | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | KanbanSp | CC21B | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | | | TENDIN | CC21B | | <input type="checkbox"/> |
| 10.00 | 140.00 | 614034 | Turning plate | 0.00 | 2.00 | PC | 2.00 | CB10A | CB10A | Montagem Pav2 | <input type="checkbox"/> |
| <p>PartComment: 0402 TR 2 as 2.00</p> <p>PartComment: 218741</p> <p>PartComment: 218742</p> <p>PartComment: 219129</p> <p>PartComment: 600483</p> <p>PartComment: AMF1</p> <p>PartComment: AMF2</p> <p>PartComment: Frame1</p> <p>PartComment: Frame2</p> <p>PartComment: FWU</p> | | | | | | | | | | | |

APÊNDICE A

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|---------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 311583 | 326 | 326 | 0,784 | 1 | 0,13 |
| 310996 | 325 | 651 | 1,566 | 2 | 0,26 |
| 310012 | 320 | 971 | 2,336 | 3 | 0,39 |
| 310091 | 312 | 1283 | 3,086 | 4 | 0,53 |
| 310978 | 310 | 1594 | 3,833 | 5 | 0,66 |
| 311527 | 307 | 1901 | 4,571 | 6 | 0,79 |
| 310014 | 303 | 2204 | 5,299 | 7 | 0,92 |
| 311456 | 297 | 2500 | 6,013 | 8 | 1,05 |
| 215017 | 256 | 2756 | 6,629 | 9 | 1,18 |
| 311546 | 244 | 3001 | 7,216 | 10 | 1,31 |
| 310383 | 243 | 3244 | 7,800 | 11 | 1,45 |
| 310985 | 240 | 3484 | 8,378 | 12 | 1,58 |
| 607604 | 230 | 3714 | 8,933 | 13 | 1,71 |
| 310473 | 230 | 3945 | 9,486 | 14 | 1,84 |
| 311348 | 228 | 4172 | 10,033 | 15 | 1,97 |
| 310688 | 226 | 4398 | 10,578 | 16 | 2,10 |
| 610400 | 226 | 4624 | 11,121 | 17 | 2,23 |
| 310441 | 224 | 4848 | 11,659 | 18 | 2,37 |
| 310274 | 219 | 5067 | 12,186 | 19 | 2,50 |
| 313720 | 216 | 5283 | 12,705 | 20 | 2,63 |
| 313833 | 215 | 5498 | 13,222 | 21 | 2,76 |
| 310528 | 214 | 5712 | 13,736 | 22 | 2,89 |
| 612884 | 214 | 5926 | 14,251 | 23 | 3,02 |
| 609615 | 213 | 6139 | 14,763 | 24 | 3,15 |
| 217969D | 207 | 6346 | 15,261 | 25 | 3,29 |
| 211127 | 207 | 6552 | 15,758 | 26 | 3,42 |
| 310500 | 205 | 6757 | 16,251 | 27 | 3,55 |
| 312814 | 200 | 6957 | 16,732 | 28 | 3,68 |
| 313642 | 200 | 7157 | 17,213 | 29 | 3,81 |
| 310401 | 199 | 7357 | 17,692 | 30 | 3,94 |
| 310299 | 198 | 7555 | 18,169 | 31 | 4,07 |
| 311989 | 198 | 7753 | 18,645 | 32 | 4,20 |
| 311361 | 198 | 7950 | 19,120 | 33 | 4,34 |
| 311193 | 196 | 8146 | 19,591 | 34 | 4,47 |
| 311699 | 195 | 8341 | 20,060 | 35 | 4,60 |
| 202325 | 190 | 8532 | 20,518 | 36 | 4,73 |

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|--------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 218587 | 188 | 8720 | 20,970 | 37 | 4,86 |
| 605551 | 188 | 8908 | 21,422 | 38 | 4,99 |
| 313475 | 185 | 9092 | 21,866 | 39 | 5,12 |
| 311281 | 184 | 9276 | 22,309 | 40 | 5,26 |
| 313157 | 182 | 9458 | 22,746 | 41 | 5,39 |
| 211126 | 180 | 9639 | 23,180 | 42 | 5,52 |
| 311689 | 180 | 9819 | 23,614 | 43 | 5,65 |
| 310646 | 180 | 9999 | 24,047 | 44 | 5,78 |
| 310043 | 180 | 10178 | 24,478 | 45 | 5,91 |
| 310938 | 179 | 10357 | 24,909 | 46 | 6,04 |
| 310090 | 177 | 10534 | 25,335 | 47 | 6,18 |
| 610148 | 174 | 10709 | 25,753 | 48 | 6,31 |
| 310326 | 172 | 10881 | 26,168 | 49 | 6,44 |
| 311895 | 172 | 11053 | 26,581 | 50 | 6,57 |
| 313375 | 171 | 11223 | 26,991 | 51 | 6,70 |
| 209799 | 170 | 11394 | 27,401 | 52 | 6,83 |
| 313374 | 170 | 11564 | 27,810 | 53 | 6,96 |
| 310027 | 169 | 11732 | 28,215 | 54 | 7,10 |
| 311022 | 168 | 11900 | 28,619 | 55 | 7,23 |
| 312876 | 168 | 12068 | 29,023 | 56 | 7,36 |
| 312470 | 167 | 12235 | 29,425 | 57 | 7,49 |
| 615720 | 167 | 12402 | 29,827 | 58 | 7,62 |
| 310653 | 166 | 12568 | 30,226 | 59 | 7,75 |
| 313012 | 166 | 12734 | 30,625 | 60 | 7,88 |
| 313842 | 166 | 12900 | 31,023 | 61 | 8,02 |
| 310080 | 165 | 13065 | 31,420 | 62 | 8,15 |
| 310462 | 164 | 13229 | 31,815 | 63 | 8,28 |
| 312692 | 164 | 13393 | 32,210 | 64 | 8,41 |
| 310524 | 163 | 13556 | 32,602 | 65 | 8,54 |
| 311534 | 161 | 13717 | 32,989 | 66 | 8,67 |
| 620702 | 160 | 13877 | 33,374 | 67 | 8,80 |
| 310277 | 160 | 14037 | 33,757 | 68 | 8,94 |
| 311386 | 159 | 14195 | 34,139 | 69 | 9,07 |
| 202071 | 158 | 14353 | 34,519 | 70 | 9,20 |
| 613606 | 158 | 14511 | 34,898 | 71 | 9,33 |
| 310994 | 156 | 14667 | 35,272 | 72 | 9,46 |
| 312492 | 155 | 14822 | 35,645 | 73 | 9,59 |
| 613722 | 154 | 14976 | 36,016 | 74 | 9,72 |
| 310276 | 153 | 15129 | 36,384 | 75 | 9,86 |
| | | | | | |

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|--------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 310297 | 153 | 15282 | 36,751 | 76 | 9,99 |
| 311084 | 153 | 15434 | 37,118 | 77 | 10,12 |
| 310487 | 152 | 15586 | 37,484 | 78 | 10,25 |
| 311437 | 151 | 15737 | 37,847 | 79 | 10,38 |
| 213857 | 150 | 15887 | 38,208 | 80 | 10,51 |
| 312524 | 150 | 16037 | 38,569 | 81 | 10,64 |
| 313117 | 150 | 16187 | 38,929 | 82 | 10,78 |
| 320518 | 149 | 16336 | 39,288 | 83 | 10,91 |
| 312621 | 148 | 16484 | 39,644 | 84 | 11,04 |
| 310026 | 148 | 16632 | 39,998 | 85 | 11,17 |
| 312774 | 148 | 16779 | 40,353 | 86 | 11,30 |
| 311539 | 147 | 16926 | 40,706 | 87 | 11,43 |
| 312466 | 146 | 17072 | 41,058 | 88 | 11,56 |
| 311223 | 146 | 17218 | 41,409 | 89 | 11,70 |
| 311537 | 144 | 17362 | 41,755 | 90 | 11,83 |
| 312358 | 144 | 17506 | 42,100 | 91 | 11,96 |
| 202326 | 142 | 17647 | 42,441 | 92 | 12,09 |
| 312865 | 139 | 17786 | 42,775 | 93 | 12,22 |
| 311704 | 138 | 17924 | 43,106 | 94 | 12,35 |
| 311535 | 138 | 18062 | 43,437 | 95 | 12,48 |
| 310731 | 136 | 18198 | 43,764 | 96 | 12,61 |
| 311013 | 136 | 18333 | 44,090 | 97 | 12,75 |
| 311698 | 135 | 18468 | 44,415 | 98 | 12,88 |
| 312644 | 135 | 18603 | 44,740 | 99 | 13,01 |
| 310302 | 134 | 18737 | 45,062 | 100 | 13,14 |
| 311545 | 134 | 18871 | 45,384 | 101 | 13,27 |
| 313107 | 131 | 19002 | 45,699 | 102 | 13,40 |
| 310713 | 130 | 19132 | 46,012 | 103 | 13,53 |
| 618092 | 129 | 19261 | 46,322 | 104 | 13,67 |
| 311538 | 129 | 19390 | 46,632 | 105 | 13,80 |
| 310941 | 128 | 19518 | 46,940 | 106 | 13,93 |
| 312733 | 128 | 19646 | 47,248 | 107 | 14,06 |
| 214235 | 127 | 19773 | 47,553 | 108 | 14,19 |
| 310031 | 127 | 19900 | 47,859 | 109 | 14,32 |
| 313561 | 127 | 20027 | 48,164 | 110 | 14,45 |
| 312295 | 126 | 20153 | 48,466 | 111 | 14,59 |
| 311088 | 124 | 20276 | 48,763 | 112 | 14,72 |
| 620722 | 123 | 20399 | 49,058 | 113 | 14,85 |
| 311126 | 122 | 20521 | 49,350 | 114 | 14,98 |
| 213682 | 122 | 20642 | 49,643 | 115 | 15,11 |
| 310967 | 122 | 20764 | 49,935 | 116 | 15,24 |

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|------------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 312054 | 121 | 20884 | 50,225 | 117 | 15,37 |
| 313104 | 121 | 21005 | 50,515 | 118 | 15,51 |
| 313468 | 119 | 21124 | 50,801 | 119 | 15,64 |
| 311010 | 119 | 21242 | 51,086 | 120 | 15,77 |
| 310287 | 118 | 21360 | 51,370 | 121 | 15,90 |
| 312089 | 118 | 21478 | 51,654 | 122 | 16,03 |
| 311126_mod | 118 | 21596 | 51,938 | 123 | 16,16 |
| 613994 | 118 | 21714 | 52,220 | 124 | 16,29 |
| 310323 | 117 | 21831 | 52,501 | 125 | 16,43 |
| 310511 | 117 | 21947 | 52,782 | 126 | 16,56 |
| 310504 | 115 | 22062 | 53,058 | 127 | 16,69 |
| 313880 | 115 | 22177 | 53,335 | 128 | 16,82 |
| 310020 | 113 | 22290 | 53,607 | 129 | 16,95 |
| 310507 | 113 | 22403 | 53,877 | 130 | 17,08 |
| 603515 | 112 | 22515 | 54,146 | 131 | 17,21 |
| 611186 | 112 | 22626 | 54,415 | 132 | 17,35 |
| 313376 | 110 | 22736 | 54,679 | 133 | 17,48 |
| 312081 | 109 | 22845 | 54,941 | 134 | 17,61 |
| 311026 | 108 | 22953 | 55,200 | 135 | 17,74 |
| 312149 | 106 | 23058 | 55,454 | 136 | 17,87 |
| 310023 | 104 | 23162 | 55,704 | 137 | 18,00 |
| 310546 | 104 | 23266 | 55,954 | 138 | 18,13 |
| 312775 | 103 | 23369 | 56,200 | 139 | 18,27 |
| 311457 | 100 | 23469 | 56,441 | 140 | 18,40 |
| 311859 | 100 | 23569 | 56,681 | 141 | 18,53 |
| 314012 | 100 | 23669 | 56,922 | 142 | 18,66 |
| 310295 | 99 | 23768 | 57,160 | 143 | 18,79 |
| 311051 | 99 | 23867 | 57,398 | 144 | 18,92 |
| 311937 | 99 | 23966 | 57,636 | 145 | 19,05 |
| 311091 | 99 | 24064 | 57,873 | 146 | 19,19 |
| 312716 | 98 | 24162 | 58,109 | 147 | 19,32 |
| 312927 | 98 | 24260 | 58,344 | 148 | 19,45 |
| 313000 | 98 | 24358 | 58,580 | 149 | 19,58 |
| 313860 | 98 | 24456 | 58,816 | 150 | 19,71 |
| 615717 | 98 | 24554 | 59,051 | 151 | 19,84 |
| 312762 | 97 | 24651 | 59,285 | 152 | 19,97 |
| 204280 | 96 | 24747 | 59,515 | 153 | 20,11 |
| 311444 | 96 | 24843 | 59,746 | 154 | 20,24 |
| 313509 | 96 | 24939 | 59,977 | 155 | 20,37 |
| 610401 | 96 | 25035 | 60,208 | 156 | 20,50 |
| 310634 | 95 | 25130 | 60,436 | 157 | 20,63 |

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|--------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 311548 | 95 | 25225 | 60,665 | 158 | 20,76 |
| 313553 | 95 | 25320 | 60,893 | 159 | 20,89 |
| 615496 | 94 | 25414 | 61,119 | 160 | 21,02 |
| 312771 | 94 | 25508 | 61,344 | 161 | 21,16 |
| 310038 | 92 | 25600 | 61,566 | 162 | 21,29 |
| 610278 | 92 | 25692 | 61,787 | 163 | 21,42 |
| 205104 | 91 | 25783 | 62,006 | 164 | 21,55 |
| 616481 | 91 | 25874 | 62,225 | 165 | 21,68 |
| 311886 | 91 | 25964 | 62,442 | 166 | 21,81 |
| 310999 | 90 | 26054 | 62,659 | 167 | 21,94 |
| 313436 | 90 | 26144 | 62,875 | 168 | 22,08 |
| 310017 | 89 | 26233 | 63,089 | 169 | 22,21 |
| 615637 | 89 | 26322 | 63,303 | 170 | 22,34 |
| 603516 | 88 | 26410 | 63,515 | 171 | 22,47 |
| 610170 | 88 | 26498 | 63,726 | 172 | 22,60 |
| 602062 | 88 | 26586 | 63,937 | 173 | 22,73 |
| 310293 | 87 | 26673 | 64,146 | 174 | 22,86 |
| 311040 | 87 | 26760 | 64,355 | 175 | 23,00 |
| 311705 | 86 | 26846 | 64,562 | 176 | 23,13 |
| 311741 | 86 | 26932 | 64,769 | 177 | 23,26 |
| 312438 | 86 | 27018 | 64,976 | 178 | 23,39 |
| 607608 | 86 | 27104 | 65,183 | 179 | 23,52 |
| 312761 | 86 | 27189 | 65,388 | 180 | 23,65 |
| 209452 | 85 | 27274 | 65,593 | 181 | 23,78 |
| 207135 | 84 | 27358 | 65,793 | 182 | 23,92 |
| 310654 | 84 | 27441 | 65,994 | 183 | 24,05 |
| 312127 | 84 | 27525 | 66,195 | 184 | 24,18 |
| 203002 | 83 | 27608 | 66,395 | 185 | 24,31 |
| 310764 | 83 | 27691 | 66,594 | 186 | 24,44 |
| 311045 | 83 | 27774 | 66,794 | 187 | 24,57 |
| 313949 | 83 | 27857 | 66,993 | 188 | 24,70 |
| 611240 | 83 | 27940 | 67,193 | 189 | 24,84 |
| 311393 | 82 | 28022 | 67,390 | 190 | 24,97 |
| 310494 | 81 | 28103 | 67,585 | 191 | 25,10 |
| 310538 | 81 | 28184 | 67,780 | 192 | 25,23 |
| 312869 | 81 | 28265 | 67,975 | 193 | 25,36 |
| 603262 | 81 | 28346 | 68,169 | 194 | 25,49 |
| 206752 | 80 | 28426 | 68,362 | 195 | 25,62 |
| 311697 | 80 | 28505 | 68,553 | 196 | 25,76 |
| 311840 | 80 | 28585 | 68,744 | 197 | 25,89 |
| 311746 | 78 | 28663 | 68,932 | 198 | 26,02 |

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|--------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 311906 | 78 | 28741 | 69,119 | 199 | 26,15 |
| 603297 | 78 | 28819 | 69,307 | 200 | 26,28 |
| 312124 | 78 | 28896 | 69,493 | 201 | 26,41 |
| 312744 | 78 | 28974 | 69,680 | 202 | 26,54 |
| 313855 | 77 | 29051 | 69,865 | 203 | 26,68 |
| 312926 | 77 | 29127 | 70,049 | 204 | 26,81 |
| 310016 | 76 | 29203 | 70,232 | 205 | 26,94 |
| 604040 | 76 | 29279 | 70,414 | 206 | 27,07 |
| 202564 | 75 | 29354 | 70,595 | 207 | 27,20 |
| 312472 | 75 | 29429 | 70,775 | 208 | 27,33 |
| 313473 | 75 | 29504 | 70,956 | 209 | 27,46 |
| 313674 | 75 | 29579 | 71,136 | 210 | 27,60 |
| 310011 | 74 | 29653 | 71,314 | 211 | 27,73 |
| 310034 | 74 | 29727 | 71,492 | 212 | 27,86 |
| 311251 | 74 | 29801 | 71,670 | 213 | 27,99 |
| 312674 | 74 | 29875 | 71,848 | 214 | 28,12 |
| 312936 | 74 | 29949 | 72,026 | 215 | 28,25 |
| 201075 | 73 | 30022 | 72,201 | 216 | 28,38 |
| 202980 | 73 | 30095 | 72,377 | 217 | 28,52 |
| 214221 | 73 | 30168 | 72,552 | 218 | 28,65 |
| 310746 | 73 | 30241 | 72,728 | 219 | 28,78 |
| 207220 | 72 | 30313 | 72,901 | 220 | 28,91 |
| 310021 | 72 | 30385 | 73,074 | 221 | 29,04 |
| 311663 | 72 | 30457 | 73,247 | 222 | 29,17 |
| 312589 | 72 | 30529 | 73,419 | 223 | 29,30 |
| 310686 | 71 | 30600 | 73,590 | 224 | 29,43 |
| 311526 | 71 | 30671 | 73,761 | 225 | 29,57 |
| 310474 | 70 | 30741 | 73,929 | 226 | 29,70 |
| 310539 | 70 | 30811 | 74,098 | 227 | 29,83 |
| 311165 | 70 | 30881 | 74,266 | 228 | 29,96 |
| 311432 | 70 | 30951 | 74,434 | 229 | 30,09 |
| 311720 | 70 | 31021 | 74,603 | 230 | 30,22 |
| 312278 | 70 | 31091 | 74,771 | 231 | 30,35 |
| 620155 | 70 | 31161 | 74,939 | 232 | 30,49 |
| 202327 | 70 | 31230 | 75,106 | 233 | 30,62 |
| 310115 | 70 | 31300 | 75,274 | 234 | 30,75 |
| 311381 | 69 | 31369 | 75,440 | 235 | 30,88 |
| 312281 | 69 | 31437 | 75,604 | 236 | 31,01 |
| 310032 | 68 | 31505 | 75,768 | 237 | 31,14 |
| 313766 | 68 | 31573 | 75,931 | 238 | 31,27 |
| 607993 | 68 | 31641 | 76,095 | 239 | 31,41 |

| Part | Frequency | Cumulative count | Cumulative % | Cumulative references | Cumulative references % |
|--------|-----------|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 310215 | 68 | 31709 | 76,257 | 240 | 31,54 |
| 312143 | 67 | 31776 | 76,418 | 241 | 31,67 |
| 313795 | 67 | 31843 | 76,579 | 242 | 31,80 |
| 605862 | 67 | 31910 | 76,741 | 243 | 31,93 |
| 616492 | 67 | 31977 | 76,902 | 244 | 32,06 |
| 217698 | 66 | 32043 | 77,060 | 245 | 32,19 |
| 311919 | 66 | 32109 | 77,219 | 246 | 32,33 |
| 312298 | 66 | 32175 | 77,378 | 247 | 32,46 |
| 205516 | 65 | 32240 | 77,534 | 248 | 32,59 |
| 311706 | 64 | 32304 | 77,688 | 249 | 32,72 |
| 312294 | 64 | 32368 | 77,842 | 250 | 32,85 |
| 313601 | 64 | 32432 | 77,996 | 251 | 32,98 |
| 313968 | 64 | 32496 | 78,150 | 252 | 33,11 |
| 311610 | 63 | 32559 | 78,301 | 253 | 33,25 |
| 312673 | 63 | 32622 | 78,453 | 254 | 33,38 |
| 620769 | 63 | 32685 | 78,604 | 255 | 33,51 |
| 216801 | 62 | 32747 | 78,753 | 256 | 33,64 |
| 311424 | 62 | 32809 | 78,903 | 257 | 33,77 |
| 312292 | 62 | 32871 | 79,052 | 258 | 33,90 |
| 618014 | 62 | 32933 | 79,201 | 259 | 34,03 |
| 310257 | 62 | 32994 | 79,349 | 260 | 34,17 |
| 217640 | 61 | 33055 | 79,495 | 261 | 34,30 |
| 310693 | 61 | 33116 | 79,642 | 262 | 34,43 |
| 312299 | 61 | 33177 | 79,789 | 263 | 34,56 |
| 206397 | 60 | 33237 | 79,933 | 264 | 34,69 |
| 219186 | 60 | 33297 | 80,077 | 265 | 34,82 |
| 311014 | 60 | 33357 | 80,222 | 266 | 34,95 |
| 311284 | 60 | 33417 | 80,366 | 267 | 35,09 |

APÊNDICE B

| Assbly | PartNum | PartDescription | ReqQty | Bin | JobOper | Distância (m) |
|--------|---------|---------------------------------|--------|--------|---------------|---------------|
| 9 | 614034 | Turning plate S720 | 1 | CD02A | Montagem PAV2 | 5 |
| 10 | 207310 | Wedge machined | 1 | CD03B | Montagem PAV2 | 0,8 |
| 10 | 207727 | Rubber block | 1 | CD03C | Montagem PAV2 | 0 |
| 9 | 218347 | Contact bearing (XU-bearing) | 1 | CD05A | Montagem PAV2 | 1,6 |
| 10 | 211938 | Bearing pin H110 M | 1 | CD07A | Montagem PAV2 | 1,6 |
| 10 | 310701 | King pin Jost 2" | 1 | CD14B | Montagem PAV2 | 5,6 |
| 10 | 311903 | KINGPIN BOLT M20 x 50 | 8 | CD14B | Montagem PAV2 | 0 |
| 0 | 310733 | KING PIN 3,5" Jost | 1 | CD14C | Montagem PAV2 | 0 |
| 9 | 217706 | Support Plate TR | 1 | CD17A | Montagem PAV2 | 2,4 |
| 3 | 214065 | Upper beam HS/TR | 1 | CD23B | Montagem PAV2 | 4,8 |
| 4 | 601696 | Steering beam J500-720 | 1 | CD24B | Montagem PAV2 | 0,8 |
| 5 | 602004 | Steering beam J500-720 | 1 | CD26B | Montagem PAV2 | 1,6 |
| 3 | 310009 | Nyloc nut M8 | 2 | CE04D | Montagem PAV2 | 2,8 |
| 4 | 310009 | Nyloc nut M8 | 2 | CE04D | Montagem PAV2 | 0 |
| 5 | 310009 | Nyloc nut M8 | 2 | CE04D | Montagem PAV2 | 0 |
| 9 | 310009 | Nyloc nut M8 | 2 | CE04D | Montagem PAV2 | 0 |
| 0 | 202564 | Modified nyloc nut M30x1,5 M | 2 | Kardex | Montagem PAV2 | 6,4 |
| 1 | 607405 | Zero point strip | 1 | Kardex | Montagem PAV2 | 0 |
| 3 | 310978 | Socket bolt DIN912 | 2 | Kardex | Montagem PAV2 | 0 |
| 4 | 310978 | Socket bolt DIN912 | 2 | Kardex | Montagem PAV2 | 0 |
| 5 | 310978 | Socket bolt DIN912 | 2 | Kardex | Montagem PAV2 | 0 |
| 0 | 310495 | Split pin 310312/13 | 10 | CB13A | Montagem PAV2 | 18,4 |
| 0 | 203239 | Support TR Steering bar | 2 | CB10C | Montagem PAV2 | 2,4 |
| 1 | 601107 | Mounting set | 1 | CB04C | Montagem PAV2 | 7,2 |

Total

61,4