



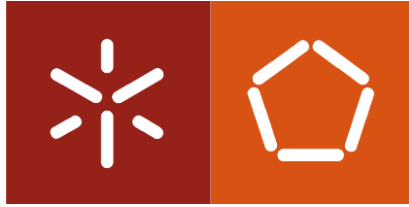
Universidade do Minho

Escola de Engenharia

José Rui Silva da Cunha

**Organização de Armazéns com o apoio do
Sistema *GenSYS***

dezembro de 2021



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

José Rui Silva da Cunha

**Organização de Armazéns com o apoio do
Sistema *GenSYS***

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Industrial
Logística e Distribuição

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Jorge Figueiredo Martins

dezembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial, da Universidade do Minho e concretizada em ambiente industrial, no período de nove meses, na empresa GenSYS – *Smart Production Systems*. O projeto teve como principal objetivo perceber de que forma o sistema GenSYS, enquanto *Smart Manufacturing System*, consegue apoiar e promover a organização de um armazém.

Para responder aos novos desafios e exigências do mercado, nomeadamente, relacionadas com prazos de entrega, preços e diversidade de produtos, as organizações têm que ser capazes de lidar com grandes quantidades de informação, aumentar a flexibilidade dos seus equipamentos, processos produtivos, procedimentos e estruturas organizacionais de maneira a manter bons níveis de produtividade do seu sistema produtivo. Com a utilização de *Smart Manufacturing Systems*, sendo estes sistemas de planeamento, controlo e programação da produção integrados, flexíveis e capazes de responder, em tempo real, às mudanças do mercado, as organizações serão capazes de realizar uma gestão da produção, da informação e da cadeia de abastecimento, de uma forma mais eficiente.

Os sistemas de armazenamento representam uma parte significativa de uma cadeia de abastecimento e, por isso, necessitam de soluções eficientes que apoiem as empresas na gestão dos mesmos.

Deste modo, este projeto pretende representar, através de um sistema informático, um sistema de armazenamento e perceber de que forma é que este consegue lidar com a complexidade, diversidade e variabilidade de artigos existentes num armazém, sendo que, para o alcançar foi tomada uma abordagem metodológica.

A necessidade e relevância de uma metodologia de apoio, para representar, sincronizar e integrar sistemas de armazenamento, é justificada pela sua aplicabilidade em diversos ambientes industriais.

Das vantagens deste processo destaca-se uma clara melhoria na execução das operações de um armazém, nomeadamente, a nível da arrumação e do *picking*, maior controlo dos stocks, melhoria na rastreabilidade dos produtos armazenados e uma reorganização do espaço disponível para armazenamento.

PALAVRAS-CHAVE

Arrumação, Gestão do Armazém, Logística, *Picking*, *Smart Manufacturing Systems*

ABSTRACT

This dissertation was developed within the scope of the Master's degree in Industrial Engineering, at the University of Minho and carried out in an industrial environment, in a period of nine months, at the company GenSYS - Smart Production Systems. The main goal of the project was to understand how the GenSYS system, as a Smart Manufacturing System, can support and promote the organization of a warehouse.

To respond to new market challenges and requirements, namely, related to delivery times, prices and product diversity, organizations have to be able to deal with large amounts of information, increase equipment flexibility, adapt production processes, procedures and organizational structures in order to maintain good levels of performance in the production system. With the use of Smart Manufacturing Systems, being these integrated systems for planning, controlling and scheduling production, but also flexible and capable of responding in real time to market changes, organizations will be able to manage production, information and supply chain more efficiently.

Storage systems represent a significant role of a supply chain and therefore need efficient solutions that support organizations in managing them.

In this way, this project intends to represent, through a computer system, a storage system and understand how it manages to deal with the complexity, diversity and variability of existing items in a warehouse, and to achieve this a methodological approach was taken.

The need and relevance of a support methodology, to represent, synchronize and integrate storage systems, is justified by their applicability in various industrial environments.

The advantages of this process includes a clear improvement in the execution of warehouse operations, namely storage and picking, increased control of stocks, improvement in traceability of stored products and a reorganization of the space available for storage.

KEYWORDS

Storage, Warehouse Management, Logistics, Picking, Smart Manufacturing System

ÍNDICE

Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Estrutura da Dissertação.....	5
2. Revisão Bibliográfica.....	6
2.1. Indústria 4.0.....	6
2.2. Gestão da Cadeia de Abastecimento.....	8
2.2.1 Customização em Massa.....	9
2.2.2 <i>Smart Manufacturing Systems</i>	10
2.3. Logística.....	11
2.3.1 Logística Interna.....	12
2.3.2 Logística Externa.....	13
2.3.3 Integração Logística.....	14
2.4. Gestão do Armazém.....	15
2.4.1 Receção.....	18
2.4.2 Armazenamento ou Arrumação.....	19
2.4.3 <i>Picking</i>	25
2.4.4 Expedição.....	28
2.5. Gestão de Stocks.....	28
2.6. Sistemas de Informação e a Gestão do Armazém.....	31

3.	GenSYS – <i>Smart Production Systems</i>	34
4.	O Sistema GenSYS no Apoio à Organização de um Armazém.....	37
4.1	O Sistema GenSYS.....	37
4.1.1	Gestão da Informação de Artigos – GenPDM.....	38
4.1.2	Planeamento e Controlo da Produção – GenPPC.....	40
4.1.3	Controlo do <i>Shop Floor</i> – GenSFC.....	41
4.2	Capacidades do Sistema na Organização do Armazém	49
4.3	Metodologia	57
5.	Exemplos Práticos.....	64
5.1	Exemplo de Aplicação do Sistema GenSYS – Empresa de Aquários	64
5.2	Exemplo de Aplicação do Sistema GenSYS – Empresa Metalomecânica	67
6.	Conclusões.....	72
6.1	Considerações Finais	72
6.2	Trabalho Futuro	74
	Referências Bibliográficas	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Research Onion	4
Figura 2 - Nodos e Fluxos de uma Cadeia de Abastecimento	15
Figura 3 – Áreas de planeamento do design de um armazém	16
Figura 4 – Operações de um Armazém.....	18
Figura 5 – Heat Map de um Armazém baseado no Turnover do Produto	21
Figura 6 – Distribuição Anual dos Custos das Operações de um Armazém	25
Figura 7 – Distribuição do tempo despendido no Picking.....	26
Figura 8 – Classificação dos Sistemas de Picking.....	28
Figura 9 – Logotipo GenSYS- Smart Production Systems	34
Figura 10 – Representação das Áreas Funcionais do sistema GenSYS.....	36
Figura 11 – Módulos de cada área funcional do sistema GenSYS	38
Figura 12 – Representação de um kanban.....	44
Figura 13 – Exemplo de um KB no sistema GenSYS	44
Figura 14 – Exemplo de um KM no sistema GenSYS.....	45
Figura 15 – Logística Interna Convencional.....	47
Figura 16 – Logística Interna com Armazém de Picking	47
Figura 17 - Armazéns WIP ou secções	48
Figura 18 – Armazém Distribuído	48
Figura 19 – Exemplo de parametrização de uma estante no sistema GenSYS.....	50
Figura 20 – FIFO vs LIFO.....	51
Figura 21 – Campos de Preenchimento de um Armazém, no sistema GenSYS	52
Figura 22 – Exemplo de Parametrização de um Armazém, no sistema GenSYS.....	52
Figura 23 – Aspeto Visual das filas e posições de um Armazém, no módulo Terminal.....	53
Figura 24 – Aspeto Visual do Terminal de um Armazém.....	54
Figura 25 – “Visualizar” no Terminal de um Armazém	54
Figura 26 – Opção “Trocar Fila” de uma Referência	55
Figura 27 – Visualização de um KM no Terminal do Armazém	56
Figura 28 – Representação da fila e da posição da referência a ser separada	56
Figura 29 – Unidade de Armazenamento e Movimentação implementada	64
Figura 30 – Armazém de Plásticos.....	65

Figura 31 – Esquema de representação de alocação dos produtos no armazém.....	66
Figura 32 – Layout do Armazém Geral e do Armazém PA&SA	68
Figura 33 - Kardex.....	69
Figura 34 - Sistema de Picking no Kardex	69
Figura 35 - Layout da Saída Armazém Geral.....	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de Codificação de uma fila do Armazém	65
Tabela 2 – Parametrização da Organização da Saída Armazém Geral, no sistema GenSYS	71

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AI – *Artificial Intelligence* (Inteligência Artificial)

BOM – *Bill of Materials* (Lista de Materiais)

BOMO – *Bill of Materials and Operations* (Lista de Materiais e Operações)

BOO – *Bill of Operations* (Lista de Operações)

CRP – *Capacity Requirement Planning* (Planeamento Necessidades de Capacidades)

DOS – *Duration-of-Stay*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FIFO – *First In, First Out*

GenPDM – *Generic Product Data Management*

GenPPC – *Generic Production Planning and Control*

GenSFC – *Generic Shop Floor Control*

i4.0 – Indústria 4.0

ICT – *Information and Communication Technologies* (Tecnologias de Informação e Comunicação)

IoT – *Internet of Things* (Internet das Coisas)

JIT – *Just In Time*

KB – *Kanban* de Trabalho

KM – *Kanban* de Movimentação

LIFO – *Last In, First Out*

LT – *Lot Size* (Tamanho do Lote de Planeamento)

MRP – *Material Requirement Planning* (Planeamento das Necessidades de Materiais)

PDP – Plano Diretor de Produção

RFID – *Radio Frequency Identification*

SMS – *Smart Manufacturing System*

SKU – *Stock Keeping Unit*

SCM – *Supply Chain Management* (Gestão da Cadeia de Abastecimento)

WMS – *Warehouse Management System* (Sistema de Gestão do Armazém)

1. INTRODUÇÃO

O presente projeto foi concretizado em contexto industrial, no período de nove meses, na empresa *GenSYS – Smart Production Systems*, que detém o sistema *GenSYS – Generic Smart Manufacturing System*, um sistema informático que incorpora um conjunto de modelos inovadores de gestão de informação de artigos, de planeamento, controlo e programação da produção.

Neste trabalho pretende-se demonstrar, validar e questionar algumas das funcionalidades do sistema *GenSYS* no que ao apoio e organização de um armazém diz respeito. Para corroborar as funcionalidades do sistema serão dados dois exemplos de aplicação do sistema, em ambiente real.

Neste primeiro capítulo é realizado um enquadramento que suporta o tema em estudo, assim como os objetivos inerentes ao projeto. Por último, é explicada a metodologia de investigação adotada e apresentada a estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

Durante a última década, o uso e a evolução de Tecnologias de Informação e Comunicação (ICT) na indústria tem se tornado indispensável e inevitável, principalmente por ser fundamental no aumento da eficiência organizacional e da competitividade (Barreto et al., 2017). Para Farahani et al. (2011) as ICT influenciaram, nos últimos anos, a atmosfera de muitas atividades económicas, o que desencadeou o aumento do seu poder, devido ao desenvolvimento das suas capacidades e, simultaneamente, a diminuição dos seus custos.

Juntamente com o desenvolvimento deste tipo de tecnologias, surgiram novas formas de gerir sistemas de armazenamento e de operações logísticas (Buntak et al., 2019). A complexidade deste tipo de operações aumentou, devido, sobretudo, à globalização e ao crescimento exponencial do *e-commerce*, que desencadeou um novo termo no sistema logístico organizacional, o *e-logistics* (Farahani et al., 2011). O aumento do número, diversidade e customização de produtos a serem processados num armazém, faz com que os armazéns tradicionais e os métodos manuais de gestão de armazenamento não sejam os mais adequados ou práticos para gerir esta vasta quantidade de produtos.

Para Frazelle (2016), este novo sistema de organização tem de ser capaz de:

- Executar mais transações;
- Gerir o manuseamento e o armazenamento de mais produtos;
- Providenciar maior potencial de customização de produtos e serviços;

- Processar maior número de devoluções;
- Receber e expedir mais pedidos nacionais e internacionais.

Ao mesmo tempo, os novos sistemas de armazenamento têm menos tempo para processar pedidos e menos margem para eventuais erros (Frazelle, 2016).

De entre os vários tipos de armazéns existentes, todos eles desempenham as mesmas operações, destacando-se a receção, a arrumação, o armazenamento, o *picking* e a expedição (Karasek, 2013). O aumento da complexidade desencadeou a necessidade de possuir armazéns mais organizados e especializados (van Geest et al., 2021). Deste modo, a utilização de ICT emergiu no sentido de auxiliar e facilitar o seu planeamento e controlo (Barreto et al., 2017; Hamdy et al., 2018).

Para Richards (2017) os armazéns, no passado, eram vistos como centros de custos acrescidos e que raramente acrescentavam valor ao produto. Atualmente, qualquer armazém desempenha um papel importante em assegurar as exigências e expectativas do cliente. É visto como uma fonte de competitividade, pois permite maior rapidez na capacidade de resposta ao cliente, com melhor eficiência e maior flexibilidade.

É igualmente importante reconhecer que a Indústria 4.0, e todas as tecnologias e métodos disruptivos associados, não se aplica apenas a operações de produção e fabricação. Também se aplica a outros departamentos funcionais, como as operações de armazenamento (Barreto et al., 2017).

Atualmente, a nível logístico, a evolução e implementação de tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0 são fundamentais na gestão de qualquer armazém, pois podem ser usadas no rastreamento e monitorização dos produtos, na eliminação ou diminuição das interferências manuais, na previsão da procura, na gestão de inventário e na obtenção de dados em tempo real acerca de todos os processos (Hamdy et al., 2018). Deste modo, este tipo de tecnologias faz com que qualquer armazém se torne mais inteligente, autónomo, ágil, transparente, conectado e com maior capacidade de análise de uma vasta quantidade de dados, o que auxilia em qualquer tomada de decisão com o intuito de melhorar o seu desempenho (Hamdy et al., 2018; van Geest et al., 2021).

Com o desenvolvimento e aplicação de tecnologias associado à Indústria 4.0, como a *Internet of Things* (IoT), *Big Data* ou a Inteligência Artificial (AI), muitas empresas de fabricação estão a tornar-se verdadeiras fábricas inteligentes. Os sistemas de produção inteligentes, *do inglês Smart Manufacturing Systems* (SMSs) tornaram-se o foco de atenção para vários países e empresas, por possuir variadas aplicações em diferentes áreas industriais. De facto, a Quarta Revolução Industrial corresponde à nova etapa dos sistemas de produção, especialmente para os SMSs, que conseguem rapidamente responder à competição global e aos novos requisitos de customização (Qu et al., 2019).

Com este novo paradigma, os armazéns têm obrigatoriamente de sofrer alterações profundas na sua organização, estrutura técnica, controlo e coordenação. Deste modo, surgiu o problema/tema de dissertação. De que forma é que o sistema GenSYS, enquanto SMS, pode apoiar e facilitar a organização de um armazém?

1.2 Objetivos

No que concerne aos objetivos inerentes ao projeto, que vão de encontro ao desenvolvimento do caso de estudo, destacam-se:

- Confrontar os temas da revisão bibliográfica com as capacidades e práticas do sistema GenSYS e entender de que forma o mesmo consegue construir o modelo de funcionamento de um armazém;
- Desenvolver uma metodologia de apoio à organização de um armazém, com o suporte dos conceitos do sistema GenSYS, tendo em conta as suas propriedades, características e comportamentos;
- Avaliar a capacidade de resposta do sistema GenSYS, enquanto SMS, aos requisitos da Indústria 4.0 e, principalmente, o seu contributo no apoio e na organização de um armazém, em contexto real.

1.3 Metodologia

Depois de delineados os objetivos da dissertação foi necessário elaborar uma metodologia de investigação. Esta metodologia deveria refletir a forma com o projeto foi conduzido e a postura a adotar para cumprir os objetivos estabelecidos.

Saunders et al. (2019) apresentam a “*research onion*”, ilustrada na Figura 1, um diagrama onde são apresentadas as opções que o investigador pode adotar para formular uma metodologia em vários âmbitos, nomeadamente, a filosofia, abordagem e estratégia de investigação, assim como métodos de recolha de dados e o horizonte temporal do projeto.

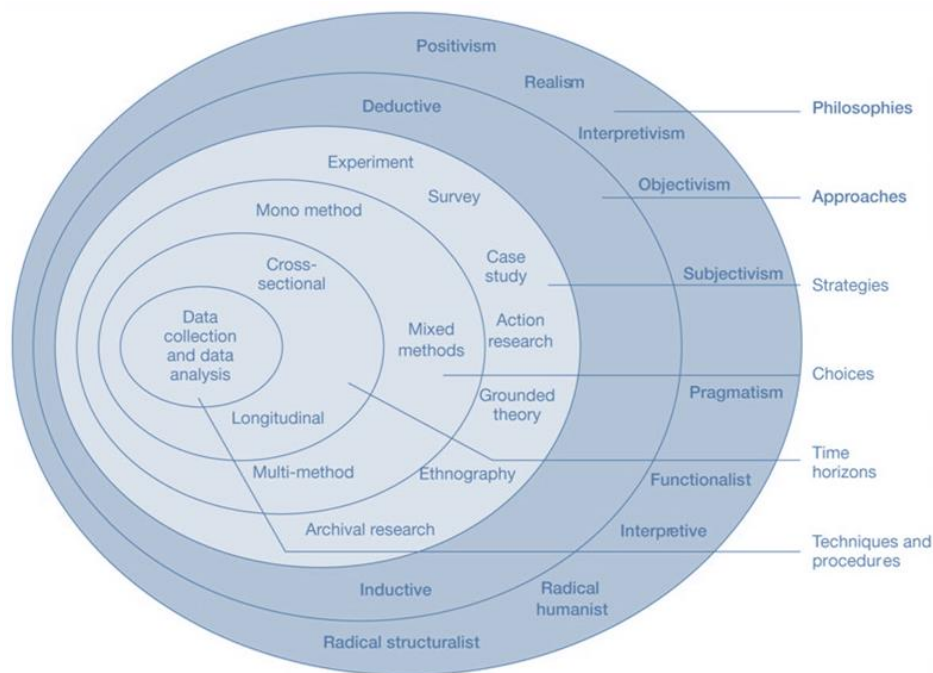


Figura 1 - Research Onion

(Saunders et al., 2019)

A filosofia de investigação está relacionada com o desenvolvimento e a natureza do conhecimento. Por outras palavras, a filosofia adotada remete para a maneira como o investigador vê o mundo. Deste modo, este projeto irá basear-se numa filosofia interpretativista. Sendo uma epistemologia, esta filosofia enfatiza que os humanos são diferentes dos fenómenos físicos, porque criam significados. O seu propósito é criar novos e mais ricos entendimentos e interpretações, de mundos e contextos sociais, a partir da perspetiva de diferentes grupos de pessoas (Saunders et al., 2019).

Relativamente à abordagem de investigação, esta será uma combinação de dedução e indução, dado que a teoria irá ser tida em consideração, contudo é possível que se desenvolvam novas hipóteses no final do projeto.

Dada a conjuntura, definiu-se que a estratégia a utilizar seria a metodologia de Caso de Estudo, que envolve uma investigação empírica de um fenómeno particular dentro de um contexto real e que usa várias fontes de evidência. É uma estratégia caracterizada pela obtenção de uma compreensão detalhada do contexto de investigação e dos processos em execução; visto como uma forma válida de explorar a teoria existente, ou até mesmo de questionar a mesma e, porventura, fornecer novas hipóteses.

Concretamente, numa fase inicial, após a definição do tema, dos objetivos do projeto de dissertação e de ser efetuada uma revisão bibliográfica das temáticas principais, procedeu-se ao reconhecimento dos

conceitos e dos modelos funcionais que o sistema consegue aplicar em ambientes de armazenamento. Para isso, alguns exemplos teóricos e práticos foram tidos em consideração, uma vez que permitiram retirar ilações importantes face ao comportamento do sistema neste tipo de contexto.

Numa fase posterior foi necessário perceber como é que o sistema *GenSYS* constrói o modelo de funcionamento de um armazém, quais as suas capacidades e debilidades, com o intuito de criar uma metodologia que contribuísse para a melhoria da organização de um armazém, com o suporte do sistema.

Dois exemplos demonstrativos foram tidos em consideração, com o propósito, não só, de perceber as funcionalidades do sistema em ambiente real, como também de validar a metodologia proposta. Com base nestes exemplos, pretende-se demonstrar como é que o sistema contribui para melhorar e potenciar o sistema de armazenamento das organizações, assim como apresentar algumas particularidades que o sistema não consegue cobrir.

No final do projeto, como resultados, será necessário avaliar, de forma qualitativa, como é que o sistema *GenSYS*, enquanto *SMS*, consegue responder aos requisitos da Indústria 4.0 e, principalmente, qual o seu contributo no apoio e na organização de um armazém.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. Depois de dado o devido contexto no presente capítulo, com a introdução, enquadramento do tema, apresentação dos objetivos, metodologia de investigação e estrutura da dissertação, segue-se um capítulo que apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais temas que são abordados ao longo da dissertação.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa, *GenSYS – Smart Production Systems*, a fim de expor o ambiente empresarial a que o autor esteve sujeito.

No capítulo quatro serão abordadas as características técnicas do sistema *GenSYS*, assim como as capacidades que o sistema confere no apoio e organização de um armazém. No mesmo capítulo é, também, apresentada a metodologia de apoio.

No quinto capítulo são retratados dois exemplos de aplicação do sistema, em que determinados armazéns, das respetivas empresas em estudo, são descritos e analisados, assim como de que forma é o sistema *GenSYS* consegue auxiliar e potenciar o seu desempenho.

No capítulo seis, e último, faz-se uma ressalva e síntese dos aspetos conseguidos com o projeto, assim como a possibilidade de trabalhos futuros à investigação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo deste capítulo será efetuada uma fundamentação teórica sobre os temas e conceitos que foram fundamentais para a análise e desenvolvimento deste projeto. Inicialmente será abordado o conceito de Indústria 4.0 e os *Smart Manufacturing System* (SMS). Seguidamente, definem-se alguns conceitos relacionados com a logística e a gestão da cadeia de abastecimento, com especial destaque para a gestão do armazém e dos stocks. Por último, é dada evidência à importância e aos desafios de um sistema de informação na gestão de um armazém.

2.1 Indústria 4.0

Ao longo da última década, as organizações industriais têm enfrentado novos desafios tecnológicos, organizacionais e empresariais, e a necessidade de se ajustar a esta nova realidade é amplamente aceite por todas elas. A esta mudança de paradigma denominaram “Indústria 4.0” ou “Quarta Revolução Industrial” (Lasi et al., 2014).

A Indústria 4.0 (i4.0) é impulsionada pelas tecnologias inovadoras que causam efeitos profundos, quer nos sistemas de produção quer nos modelos de negócio. Um sinónimo comum de i4.0 é a digitalização, que conduz a mudanças disruptivas, proporcionando oportunidades, mas também desafios para modelos de negócio, tecnologias de produção e para a organização do trabalho. O domínio desta (r)evolução é considerado a chave para a sustentabilidade futura de uma empresa (industrial). As tecnologias da i4.0 formarão a base para uma maior transparência e segurança nas cadeias de abastecimento, bem como para uma produção cada vez mais sustentável (Krowas & Riedel, 2019).

A aplicação dos conceitos da transformação digital e o aparecimento de novas tecnologias resultaram no maior produto da i4.0: as Fábricas Inteligentes, do inglês, *Smart Factories*, ou Sistemas de Produção Inteligentes, do inglês, *Smart Manufacturing Systems* (Kagermann et al., 2013).

Um dos principais objetivos da transformação das atuais fábricas, em modelos inteligentes, passa por ultrapassar os desafios associados à procura crescente, por parte dos clientes, de produtos personalizados. Para isso, as empresas devem possuir uma estrutura de produção flexível, que acompanhada por uma rápida reconfiguração, consiga responder à diversidade de produtos, requerida pelos clientes. Nesse sentido, a utilização de sistemas inteligentes e automatizados, proporcionados pela

i4.0, permitem, não só, uma melhor gestão da produção, como também, da diversidade de informação (Zawadzki & Żywicki, 2016).

De facto, as fábricas inteligentes constituem uma característica chave da i4.0, por serem capazes de gerir toda esta complexidade. Nas *smart factories*, os seres humanos, máquinas e restantes recursos estão em constantes comunicação, uns com os outros (Kagermann et al., 2013). Acompanhando esta visão, as fábricas serão mais flexíveis, dinâmicas, ágeis e reconfiguráveis no sentido de suportar as necessidades e preferências específicas de cada cliente (Wang et al., 2016).

Outra das características principais da i4.0 é o uso de informação em tempo real. Esta traz imensos benefícios para os sistemas logísticos em termos de planeamento de entrega *end-to-end*, na precisão da entrega de material e no aumento da flexibilidade. Os dados em tempo real permitem que qualquer sistema responda rapidamente a mudanças e eventos não planeados e podem ajudar a melhorar a tomada de decisão, alinhada entre as diferentes partes interessadas (Zafarzadeh et al., 2019).

Deste modo, as empresas para conseguirem operar neste tipo de ambiente inteligente devem prover-se de mecanismos capazes de gerar (Qu et al., 2019; Schrauf & Bertram, 2016; Wang et al., 2016):

- **Diversidade de Produtos e Customização em Massa:** as organizações devem providenciar produtos e serviços delineados para cada cliente. Ao mesmo tempo, devem conseguir lidar, de forma eficiente, com a explosão da informação causada pela alta diversidade de produtos.
- **Conectividade:** todos os recursos dentro e fora de uma organização devem estar conectados de forma a recolher e trocar dados, que permitam tomar decisões em tempo real. Através da interligação das máquinas, sistemas de produção e equipamentos, as empresas possuem a capacidade de criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor, e assim, controlar e comandar os processos de produção de forma independente.
- **Automatização e Integração:** as organizações deixam de estar centralizadas apenas em pessoas e passam a ser os sistemas computacionais a tomar determinadas decisões, garantindo a mesma qualidade e permitindo a rastreabilidade da produção através da automação dos seus dispositivos e equipamentos.

- **Agilidade:** a capacidade de adaptação, em tempo real, a mudanças nos produtos e na sequenciação da produção.
- **Flexibilidade e Adaptabilidade:** as organizações têm de ser capazes de se moldarem e ajustarem facilmente a novos produtos, a novos equipamentos e a novos processos, de acordo com as alterações da procura e, assim, contemplar processos produtivos flexíveis.
- **Proatividade:** a capacidade de antecipar o futuro é cada vez mais um ponto relevante para as organizações, a fim de antecipar constrangimentos e diminuir as incertezas.
- **Transparência:** a ligação entre todos os intervenientes na cadeia de abastecimento permite fornecer dados e informação precisa e em tempo real.

2.2 Gestão da Cadeia de Abastecimento

Desde o fim da década de 1990, a gestão da cadeia de abastecimento emergiu como um dos principais elementos-chave para o aumento da competitividade de empresas produtivas e prestadoras de serviços. Este aumento de competitividade está, profundamente, relacionado com dois aspetos principais: a maior integração entre as organizações envolvidas e a procura por uma melhor coordenação do fluxo financeiro, de materiais e informação (De Boeck & Vandaele, 2008).

Com o fomento da atividade económica, as cadeias de abastecimento tiveram que aumentar a intensidade de relacionamento entre todas as partes interessadas, com conseqüente reação no sentido de adequar as organizações à nova realidade do mercado, exigindo operações logísticas cada vez mais precisas, rápidas e ao menor custo operacional possível (Ayres, 2009).

Para concretizar a visão da i4.0, a maioria dos processos empresariais terão de se tornar mais digitalizados. Um elemento crítico será a evolução das cadeias de abastecimento tradicionais para um ecossistema de uma cadeia conectada, inteligente e altamente eficiente (Schrauf & Bertram, 2016).

Atualmente, muitas cadeias de abastecimento operam uma série de etapas de forma discreta e isolada, realizadas por meio do *marketing*, desenvolvimento do produto, produção e distribuição. A digitalização derruba todas essas barreiras, e torna a cadeia, um ecossistema completamente integrado e transparente a todos os envolvidos – desde o fornecedor de matérias-primas, componentes e peças, passando pelos distribuidores e transportadores dos produtos finais e finalmente o cliente final (Schrauf & Bertram, 2016).

Uma vez desenvolvida, a cadeia digital de abastecimento oferecerá um novo grau de resiliência e capacidade de resposta, o que permitirá que as empresas superem a concorrência no esforço de

fornecer, aos clientes, produtos de forma mais eficiente e transparente. Esta transparência irá capacitar as empresas não só de reagir, com maior facilidade, a disrupções, como também a antecipa-las, a criar diferentes cenários, e a ajustar a cadeia de acordo com as condições de mudança (Schrauf & Bertram, 2016).

Os mesmos autores acrescentam que o objetivo de uma cadeia de abastecimento digital é entregar o produto certo ao cliente certo, o mais rápido possível - mas também, o mais ágil, eficiente e confiável possível. Esta meta não é atingível, a menos que a cadeia esteja completamente integrada, conectada com fornecedores, produção, logística, armazenamento e clientes. Com este nível de integração, os sinais que acionam os eventos na cadeia de abastecimento podem originar, em qualquer lugar da rede, alertas sobre os problemas que afetam o abastecimento ou a procura, como a escassez de matérias-primas, componentes, produtos acabados ou peças de reposição. Num mundo em que a produção customizada está a tornar-se norma, e os clientes cada vez mais exigentes, a cadeia de abastecimento totalmente responsiva é uma grande vantagem competitiva e está a tornar-se, rapidamente, um item obrigatório.

2.2.1 Customização em Massa

Na Gestão da Cadeia de Abastecimento, o cliente é o elemento mais significativo e a customização em massa é um fator fundamental, devido à sua capacidade de fornecer produtos e serviços altamente customizados, indo ao encontro das necessidades do mesmo. Deste modo, cada vez mais indústrias estão a alterar o seu paradigma de produção de massa para a customização em massa. Neste novo paradigma é crucial providenciar produtos e serviços delineados individualmente para os clientes através de processos ágeis, flexíveis e integrados uns com os outros (Lim, 2003; Orošnjak et al., 2017).

Jiao *et al.* (2000) refere que a produção com uma grande variedade de produtos, como a customização em massa, enfrenta desafios de uma gestão eficaz de variedade, que precisa de lidar com inúmeras variantes de produtos e processos para acomodar os diversos requisitos do cliente. Tendo em conta a diversidade subjacente de produtos e às variações de processos, o mesmo autor propõe uma BOMO (*Bill of Materials and Operations*) genérica, que implica dois tipos de relações, produto-material e operação-material. Enquanto que a relação produto-material revela as necessidades de materiais para produzir cada variante do produto, a relação operação-material indica o fluxo de materiais lógico, ao longo do processo produtivo. Tanto a estrutura do produto, como a sequência de operações de todas as variantes são consideradas comuns para uma família de produtos. O desenvolvimento deste paradigma deveu-se, sobretudo, às novas tecnologias de produção e informação, à crescente procura por variedade e

personalização de produtos, por parte do cliente, à redução do ciclo de vida dos produtos e expansão da competição industrial, que levaram ao colapso de muitas indústrias de produção em massa, aumentando a necessidade de estratégias de produção voltadas para clientes individuais (Orošnjak et al., 2017).

Atualmente, e com a utilização deste paradigma, os sistemas produtivos são forçados a lidar com uma enorme complexidade de processos e uma grande diversidade de produtos. A sequenciação e a alocação de trabalhos estão em constante mudança, o tamanho dos lotes estão cada vez mais pequenos e a pressão na subida do nível de produtividade e eficiência estão a aumentar. Os materiais possuem diferentes pesos, volumes e formas, e os produtos finais são, cada vez mais, customizados e todos os clientes exigem um produto personalizado e não estão dispostos a pagar mais por isso.

A globalização tem gerado muitos benefícios, mas também muitos desafios. Por exemplo, como comunicar, integrar e sincronizar os diversos aparelhos e equipamentos de diferentes produtores, com modelos e funções distintas. O *shop floor* exige dinamismo, flexibilidade e rápida capacidade de reconfiguração. Todos eles são distintos, com diferentes regras, de acordo com o contexto inserido, possuem diferentes *layouts*, organização de armazéns, meios logísticos, etc. (Lim, 2003). Deste modo, os *Smart Manufacturing Systems* representam uma ferramenta fundamental na dinamização destas necessidades.

2.2.2 *Smart Manufacturing Systems*

Os *Smart Manufacturing Systems* ou SMSs são plataformas que permitem integrar informação sobre os produtos, operações e sistemas de negócio, abrangendo fábricas, centros de distribuição e empresas pertencentes a toda a cadeia de abastecimento, tendo como objetivo responder, de forma dinâmica, à procura e otimizar, em tempo real, a produção e a cadeia de abastecimento. Nestes sistemas, todos os aspetos de fabricação estão conectados, desde a entrada de matérias-primas até à entrega de produtos acabados ao cliente final (Qu et al., 2019).

Os mesmos autores acrescentam que, os SMSs estão a tornar-se ferramentas importantes do ponto de vista da conectividade e da comunicação, com o uso de sensores e tecnologias de comunicação, sempre com o intuito de obter dados de todas as etapas produtivas, o que acaba por se traduzir no aumento da taxa de produção e na diminuição de erros e desperdícios. Do mesmo modo, melhora a capacidade preditiva, de diagnóstico e tomada de decisão de uma organização. Assim, é amplamente reconhecido que os SMSs providenciam uma produção mais eficaz, ágil, sustentável, global e customizada. Contudo, os mesmos também enfrentam desafios notórios, como o envolvimento necessários de múltiplos

recursos, a adaptação rápida e dinâmica a mudanças na procura e a pressão exercida na redução de custos, na melhoria da eficiência e da qualidade (Qu et al., 2019).

2.3 Logística

As atividades logísticas têm sido praticadas por pessoas e organizações há muitos anos. O conceito de Logística surgiu durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), pela necessidade dos Estados Unidos da América movimentarem e manterem uma grande quantidade de homens e suplementos nas frentes de batalha na Europa e na Ásia (Ayres, 2009). Estes acontecimentos despoletaram intensas pesquisas e estudos na área académica, mas foi no setor empresarial e produtivo, que as organizações, valendo-se desses conceitos, aplicaram e configuraram uma evolução significativa da logística.

A logística refere-se, essencialmente, à movimentação, armazenagem e distribuição de um produto. A responsabilidade operacional da logística está diretamente relacionada com a disponibilidade de matérias-primas, produtos semiacabados e produtos acabados, no local onde são requisitados, ao menor custo possível (Ayres, 2009). Tian (2009) adiciona que a logística moderna é definida como o processo de planeamento, implementação e controlo do fluxo e armazenamento eficiente e eficaz de materiais, serviços e informação relacionadas, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, sempre com o intuito de satisfazer as necessidades do cliente.

As empresas procuram cada vez mais formas de se manterem competitivas, adaptando a sua estratégia às constantes mudanças do mercado, e a logística pode ser uma ferramenta importante na obtenção dessa vantagem, servindo de elo de ligação entre o mercado e as várias áreas de uma organização. Desta forma, a logística é responsável pela gestão de fluxos físicos e organizacionais, intra e interempresas, recorrendo ao uso de tecnologias de informação.

Atualmente, os sistemas logísticos precisam atender a requisitos bastante elevados. Qualquer empresa, atualmente, reconhece a importância de estar direcionada para o cliente, providenciando um serviço de qualidade, como tentativa de colmatar todas as suas necessidades (Sarder et al., 2006). A tendência da produção individual para o cliente leva à necessidade de respostas rápidas e processos eficientes, apesar dos pequenos tamanhos de lote. Apesar de outras abordagens como a logística *lean*, as tecnologias da i4.0 são consideradas uma chave importante para enfrentar estes desafios (Krowas & Riedel, 2019). A emergência da i4.0 tem introduzido implicações nos processos logísticos, principalmente ao nível operacional, particularmente, em termos do fluxo de informação em tempo real, na transparência de toda a cadeia de abastecimento e no aumento da flexibilidade. A esta mudança de paradigma logístico denominou-se “Logística 4.0” (Barreto et al., 2017).

Os sistemas de logística de produção consistem, muitas vezes, numa série de atividades de valor acrescentado baixo, combinadas com um alto grau de trabalho manual. Portanto, o aumento da eficiência e da capacidade de resposta sempre foram um alvo para os sistemas logísticos produtivos. Para melhorar esta situação, automatizar as operações e agilizar os processos é algo a ter em conta para as empresas (Zafarzadeh et al., 2019).

A logística envolve várias áreas e processos, como as compras, planeamento, armazenamento, transporte, distribuição e serviço ao cliente. As fronteiras entre cada área são difíceis de definir, e muitas vezes interseccionam-se entre si (Farahani et al., 2011). Contudo, é possível identificar duas grandes áreas logísticas: a logística interna e externa.

2.3.1 Logística Interna

Farahani *et al.* (2011) definem esta área logística como “*materials management*”, sendo que cobre todo o armazenamento e o fluxo de materiais dentro de uma organização. Existem diversas operações logísticas executadas, quer num armazém, quer na unidade fabril, tais como: receção de material, armazenagem, *picking*, expedição de produto acabado, abastecimento de linhas de produção, recolha do produto acabado, paletização, etiquetagem, etc.

A dinâmica logística de um armazém ou instalação fabril não acontece numa perspetiva bidimensional, onde os materiais entram num sentido e saem, ordenadamente, das instalações, no mesmo sentido. Trata-se sim, de um universo bem mais complexo e dinâmico, onde diversos fornecedores entregam simultaneamente bens distintos, para serem armazenados, transformados, preparados e expedidos para diferentes clientes. Assim sendo, a organização e a otimização têm um papel fundamental na produtividade e rentabilidade da atividade em questão.

Para cumprir o plano de produção e não comprometer a entrega ao cliente final, no abastecimento das linhas produtivas é necessário garantir que todos os componentes, e informação necessária, cheguem atempadamente e nas quantidades corretas ao local determinado. Para atingir este objetivo, Coimbra (2013) refere que existem mecanismos capazes de auxiliar a melhoria da logística interna de uma organização, como por exemplo a implementação de supermercados ou armazéns e *mizusumashis* ou *milkruns*. Acrescenta que a sincronização, o nivelamento (*heijunka*) e a produção puxada (*pull production*), são outros fatores importantes no bom funcionamento logístico. Neste projeto será dada relevância apenas aos supermercados e armazéns, por serem os mecanismos que se enquadram no tema da dissertação.

Os supermercados são estruturas de armazenamento interno que simplificam e aumentam a eficiência do *picking* de componentes utilizados na produção. Um supermercado é, por isso, um armazém, localizado perto das linhas de produção, necessário se um fluxo contínuo não for possível. A entrega direta no supermercado economiza a capacidade de manuseamento e armazenamento, e torna o inventário visível. Como a área produtiva é restrita, estes contêm uma quantidade de stock pré determinada, limitada e calculada para garantir que o stock disponível seja o suficiente, de modo a não comprometer o plano produtivo (Meyer, 2015).

Coimbra (2013) refere que os supermercados devem ser configurados segundo alguns princípios. Neste tipo de áreas de armazenamento, uma estratégia de alocação dedicada é a estratégia mais apropriada, ou seja, a cada posição deve corresponder uma referência, com um limite de stock mínimo e máximo, pré estabelecido. Além disso, o *layout* deve permitir uma gestão visual e o cumprimento do princípio FIFO (*first in, first out*), de modo a garantir que os materiais consumidos em primeiro lugar são os que estão armazenados há mais tempo. Adiciona ainda que, o uso de pequenos containers, recipientes, *trolleys* ou carrinhos são os equipamentos mais apropriados para armazenar os componentes.

A escolha dos componentes que podem ser geridos com a política de supermercados, depende de fatores como (Battini et al., 2010):

- Número, tipo e posição dos sistemas da linha produtiva;
- Taxa de procura de cada componente;
- Pontos comuns entre componentes;
- Tipo de equipamento de transporte interno utilizado;
- Custos associados ao transporte;
- Capacidade da unidade de carga;
- Disponibilidade e custo do espaço para stock;
- Dimensão do stock de segurança;
- Custos de posse.

Os armazéns convencionais serão vistos, de forma detalhada, numa fase posterior da dissertação.

2.3.2 Logística Externa

Todos os processos logísticos lidam com a movimentação de materiais e informação dentro, fora e através de qualquer organização. A nível externo, existem dois fluxos logísticos distintos: a logística *inbound* e *outbound*.

De acordo com Farahani *et al.* (2011) a logística *Inbound* engloba todas as operações associadas ao fluxo de materiais e informações, desde a origem de matérias-primas até à entrada em fábrica. É também responsável pela gestão do transporte de materiais, por terra, mar e ar, dos fornecedores para a empresa, descarregamento das matérias-primas e a sua armazenagem, estruturação de abastecimento, embalagem de materiais, retorno das embalagens e decisões sobre acordos no sistema de abastecimento da empresa.

Enquanto que, a Logística *Outbound* é responsável por levar até aos consumidores o produto acabado. A forma como isto é feito, deve ser eficiente nos custos e satisfazer as crescentes expectativas em relação ao serviço realizado e disponibilidade do produto oferecido.

O controlo e integração dos fluxos de entrada e saída nos sistemas de planeamento e controlo de produção são cruciais para garantir o correto planeamento e coordenação das atividades produtivas e logísticas, em toda a cadeia de abastecimento (Farahani et al., 2011).

2.3.3 Integração Logística

A logística integrada é vista como a competência que vincula qualquer empresa aos seus fornecedores e clientes. As informações recebidas dos clientes são devidamente processadas e fluem pela empresa na forma de atividades de vendas, previsões e pedidos. As informações são filtradas em planos específicos de compras e produção. No momento do abastecimento de produtos e materiais, é iniciado um fluxo de bens de valor agregado que resulta, por fim, na entrega ao cliente final. Assim, o processo tem duas ações inter-relacionadas: o fluxo de materiais e o fluxo de informação (Azmi et al., 2017).

O fluxo físico considera o movimento de recursos físicos através da cadeia logística (dentro ou fora da organização). É geralmente associado com o fluxo de materiais (ou fluxo do inventário). O fluxo de informação refere-se à informação necessária para planear e coordenar os processos logísticos. Embora seja comum considerar que a principal direção do fluxo físico faz-se do ponto de origem até ao ponto de consumo e que o fluxo de informação no sentido contrário, a realidade é que, em termos práticos, ambos os fluxos fluem para trás ou para a frente na rede logística. Outro fluxo a ter em conta é o inverso, tratando-se da devolução de produtos e bens (Farahani et al., 2011).

As várias partes integrantes de uma típica cadeia de abastecimento, tal como os fluxos partilhados entre elas, podem ser visualizados na Figura 2.

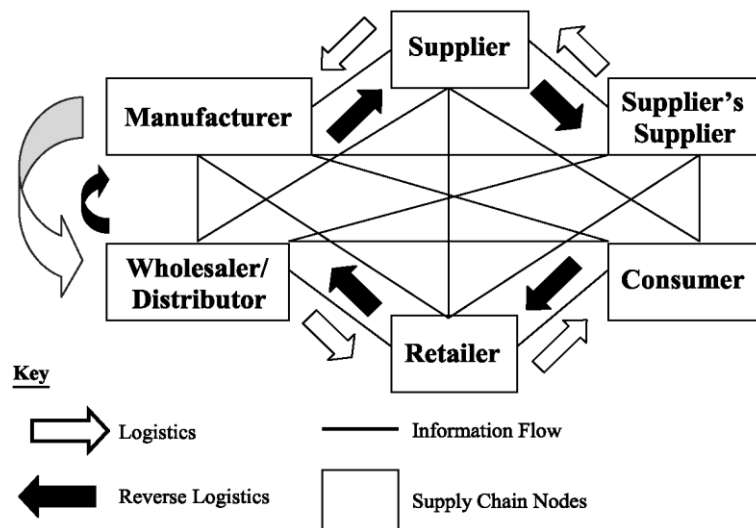


Figura 2 - Nós e Fluxos de uma Cadeia de Abastecimento

(Lummus et al., 2001)

O fluxo de informação é o ponto de partida para toda a reação existente ao longo da cadeia de abastecimento através do fluxo de materiais. O fluxo físico envolve todo o processo e atividades do sistema logístico de uma cadeia de abastecimento, contudo Farahani *et al.* (2011) categorizaram cinco áreas funcionais, sendo uma dessas áreas o armazenamento e o manuseamento do material.

2.4 Gestão do Armazém

Não basta ter um bom produto ou fornecer um serviço de topo, é necessário prestar atenção a toda a cadeia do negócio para garantir um grau elevado de eficiência e de satisfação dos clientes e um dos pontos críticos é a gestão dos seus armazéns.

Uma passagem pelo dicionário *Infopédia* (Editora, n.d.) dá-nos uma noção básica do que é um armazém: “edifício de grandes dimensões onde se armazenam mercadorias”. Gunasekaran *et al.* (1999) evidenciam que um armazém é uma área de interface para as linhas de produção, mercados, clientes e fornecedores, e, genericamente, um ambiente de negócios. Gu *et al.* (2007) acrescentam que o armazém é um componente essencial em qualquer cadeia de abastecimento.

O principal requisito de um armazém é receber itens, ou SKUs (*Stock Keeping Units*), de diferentes fornecedores, armazenar os mesmos, receber ordens de produção ou encomenda de clientes, preparar e montar a encomenda para envio e expedir o pedido completo.

Estes existem porque é praticamente impossível haver uma perfeita sintonia entre a produção e o consumo. É, então, necessário que as empresas tenham um local onde guardar os artigos entre o tempo que medeia a produção e a entrega ao cliente (Courtois et al., 2006). Deste modo, o armazém funciona

como um *buffer* de inventário, entre os pontos de origem e os pontos de consumo, permitindo que o processo de consumo seja independente do processo de abastecimento (de Koster et al., 2007).

As suas principais funções incluem a proteção do fluxo de material, ao longo da cadeia de abastecimento, para acomodar a variabilidade causada por fatores como a sazonalidade do produto e/ou lotes de produção e de transporte.

A gestão de armazém tem como função gerir, organizar e controlar as operações diárias de um armazém – desde a entrada de stock até que seja movimentado ou para um posto de trabalho – para ser incorporado ou transformado - ou para satisfazer um pedido de um cliente.

Num armazém, podemos colocar uma grande variedade de produtos, desde peças de automóvel, medicamentos até produtos alimentares. Podem armazenar produtos acabados, semiacabados ou matérias-primas e como tal, a gestão de qualquer armazém deve ter em conta vários fatores, incluindo a tipologia da mercadoria, o que pode condicionar o *layout* do armazém, mas também os processos e ambientes, como por exemplo, fluxos contínuos ou temperaturas controladas.

Além disso, há diferentes armazéns consoante a natureza e especificidade do serviço prestado. Os armazéns de produção são os de maior relevância para a dissertação, por serem utilizados para armazenar matérias primas, semiacabados e produtos finais, nas instalações de uma organização produtiva. Existem ainda outros tipos de armazéns, como os centros de distribuição ou armazéns *cross docking*, que se caracterizam por uma estratégia opcional de distribuição baseado no tempo, que visa a redução de inventário e a melhoria do *lead time* do consumidor, sem necessitar de espaço de armazenamento adicional. Isto é possível através da colocação do material recebido, que irá ser enviado logo de seguida, numa doca especializada de expedição, para que não seja necessário realizar o *picking* de mercadorias, com curta estadia em armazém (Richards, 2017).

Cormier (2005) refere que cada armazém é único e pode obter várias formas e tamanhos, logo, é de particular interesse identificar métodos de melhoria do seu *design*, desempenho e modo operacional.

Certos recursos, como o espaço, a mão-de-obra e os equipamentos precisam de ser alocados de acordo com as diferentes funções e necessidades do armazém, e cada função necessita de ser, cuidadosamente, implementada, operacionalizada e coordenada, com o objetivo de atingir os requisitos do sistemas, em termos de capacidade, nível de serviço e taxa de transferência, sendo esta a quantidade de produtos ou serviços que uma organização consegue produzir ou expedir para um cliente, num período específico de tempo, ao mínimo custo possível (Gu et al., 2007).

Gu *et al.* (2010) definem cinco áreas que pensam ser fundamentais no planeamento do *design* de um armazém – Figura 3.

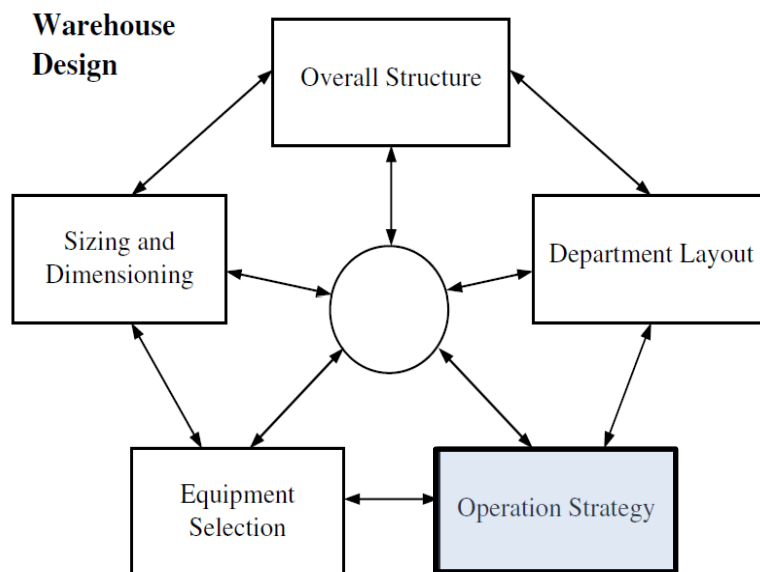


Figura 3 – Áreas de Planeamento do design de um armazém

Adaptado de (Gu et al., 2010)

A Estrutura Geral (“*Overall Structure*”) determina, por exemplo, o padrão do fluxo de materiais dentro do armazém e diferencia os departamentos funcionais e as relações de fluxo entre eles. As decisões relacionadas com o tamanho e dimensionamento (“*Sizing and Dimensioning*”) determinam as dimensões do armazém, bem como a alocação do espaço entre os vários departamentos do armazém. O *layout* do departamento (“*Department Layout*”) relaciona-se com a configuração detalhada de cada departamento do armazém, como por exemplo, a configuração dos corredores. As decisões relacionadas com a seleção do equipamento (“*Equipment Selection*”) determinam o nível apropriado de automação para o armazém e identifica os tipos de equipamentos necessários para efetuar, por exemplo, o armazenamento, o *picking* e o transporte. A seleção da estratégia de operação (“*Operation Startegy*”) pretende determinar como é que o armazém irá operar, por exemplo, em relação ao armazenamento e ao *picking* de pedidos. Este tipo de decisões precisam de ser consideradas no *design* do armazém, uma vez que possuem efeitos globais nas restantes decisões (Gu et al., 2010). A presente dissertação foca-se sobretudo nas decisões de estratégia operacional, por ter um impacto significativo na organização do armazém e no funcionamento do sistema GenSYS.

Este conjunto de decisões pode obter uma segunda classificação baseada no seu impacto temporal. Deste modo, podem ser divididas entre decisões de nível estratégico, tático ou operacional. As decisões de carácter estratégico possuem um impacto significativo a longo prazo e não ocorrem frequentemente. As decisões de nível tático têm impacto a médio prazo, enquanto que as decisões operacionais tendem a ocorrer diariamente, e representam impacto imediato no desempenho do armazém (Cormier, 2005).

Segundo Carvalho (2002), a boa gestão de um armazém engloba vários processos essenciais:

- Áreas de armazenamento: o armazém deve estar dotado de espaços e equipamentos dedicados aos vários tipos de operação e de materiais. Por exemplo, zonas de carga e descarga, áreas de consolidação ou de armazenamento temporário, além de lugares de armazenamento propriamente ditos. Outra das sugestões é a existência de áreas desocupadas para dar resposta a situações não previstas;
- Fluxo dos materiais: havendo uma classificação dos materiais pela sua prioridade de saída ou frequência de manipulação, têm de ser desenhados fluxos que racionalizem e agilizem o processo de entrada e saída.
- Organização do armazém: a forma como os produtos estão organizados e dispostos é crucial na eficácia da gestão de armazém;
- Manuseamento dos produtos: a mercadoria deve ser manuseada o mínimo possível, tendo em atenção a sua acessibilidade e a rotação necessária;
- Sistema de gestão de armazém: ao gerir as funções e os recursos próprios do armazém – reduzindo tempo, burocracias e margens de erro –, o sistema pode também estar integrado com o sistema de gestão geral ou central de empresas. Desta forma, é possível criar uma comunicação em tempo real, garantindo o equilíbrio do stock e a rentabilidade do negócio.

As operações principais de um armazém incluem: receção, armazenamento, *order picking* e expedição (de Koster et al., 2007) – Figura 4.

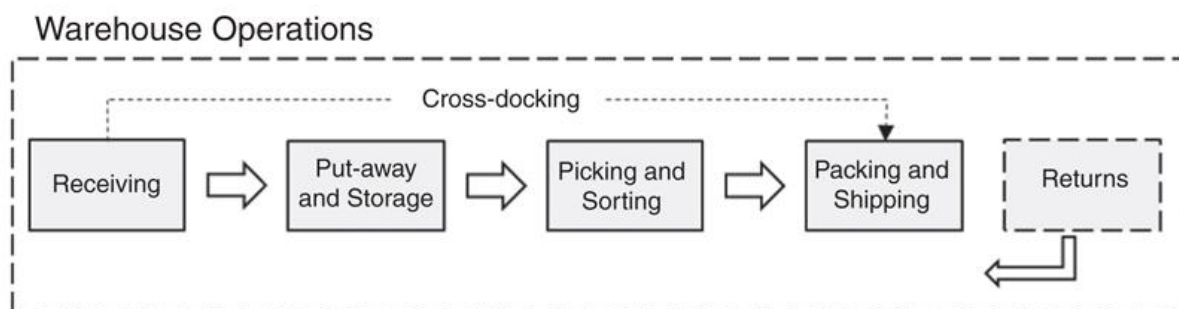


Figura 4 – Operações de um Armazém

Adaptado de (Kembro et al., 2018)

2.4.1 Receção

A receção consiste na descarga de mercadorias provenientes de diferentes fornecedores, na conferência ou inspeção, com o intuito de verificar se existe alguma inconsistência de quantidade e/ou qualidade dos produtos e na atualização do stock. Pode incluir, ainda, reembalagem (por exemplo, de paletes

cheias para caixas ou vice-versa) e, também, de movimentos físicos, das docas de descarga até outros locais (de Koster et al., 2007).

2.4.2 Armazenamento ou Arrumação

O armazenamento é uma das principais áreas logísticas e tem se tornado inevitável. Várias estratégias podem ser adotadas numa tentativa de diminuir os níveis de inventário, mas o armazenamento terá sempre um papel crucial nos sistemas logísticos. As operações de armazenamento podem ser categorizadas em dois grupos, armazenamento e movimentação de materiais.

O armazenamento é a função primária e, normalmente, entendido como armazenamento de longo prazo de produtos. No entanto, as organizações têm vindo a alterar este paradigma, com o intuito de melhorar o nível de rotação de stock. Atualmente, as organizações tentam apenas armazenar a quantidade de stock necessária de reposição, com base no tempo de espera e na procura – armazenamento temporário, ou de curto prazo.

A movimentação de materiais refere-se à movimentação física de materiais e produtos, com distâncias relativamente curtas e foca-se, sobretudo, em como estes são manuseados fisicamente. Normalmente está associado a pequenas quantidades, mas pode variar de produto para produto.

Estratégias de Armazenamento

A escolha da melhor localização para colocar um produto num armazém está dependente de diversos fatores, tais como:

- **Características das mercadorias:** o peso, o volume ou a temperatura a que devem estar acondicionadas as mercadorias são aspetos que têm de ser ponderados. No caso das mercadorias com características especiais, por exemplo, produtos tóxicos, estes deverão estar armazenados separadamente e em segurança.
- **Taxa de rotatividade de cada produto:** é aconselhável que, os produtos com mais saída deverão estar mais acessíveis para a recolha.
- **Flutuações sazonais:** há produtos mais vendidos numa determinada altura do ano e, como tal, o armazém deverá estar organizado para corresponder a esta sazonalidade.
- **Produtos com afinidade:** existem alguns bens que são frequentemente vendidos em conjunto com outros produtos da mesma categoria. Idealmente, este tipo de produtos deverão estar armazenados perto, para encurtar distâncias e facilitar o trabalho de *picking* da equipa do armazém.

- **Equipamentos:** dependendo da localização da mercadoria, é necessário definir e prever o recurso a máquinas empilhadoras ou outro tipo de equipamentos para a recolha e movimentação das mercadorias.

Genericamente existem duas políticas de armazenamento de produtos: aleatória e dedicada.

Sobre uma **política aleatória** não existem quaisquer restrições onde os produtos podem ser armazenados, portanto qualquer item pode ser colocado em qualquer lugar. Com a aplicação desta política, o mesmo produto poderá ser armazenado em localizações diferentes no armazém, o que poderá causar uma perda de tempo na procura e separação do produto (Bakkali et al., 2013). De Koster *et al.* (2007) alertam que esta estratégia só funcionará num ambiente controlado por computador.

A **política dedicada** requer que cada item esteja estabelecido num lugar específico. A familiarização dos operários com as posições dos artigos simplifica as operações de receção, armazenamento e *picking*. Outra das vantagens desta política é que minimiza as discrepâncias de inventário (de Koster et al., 2007). Contudo, se o produto não estiver disponível no armazém, então a localização estará vazia e haverá uma perda de espaço existente (Bakkali et al., 2013).

Esta política pode obedecer a vários critérios, incluindo a classe dos produtos ou baseado no *turnover* do produto ou no agrupamento por famílias.

A **política baseada em classes** indica que os produtos são divididos em classes, muitas vezes baseada na sua taxa de procura, em que cada uma está indicada para uma zona específica do armazém, sendo que armazenamento dentro de cada zona é aleatório (Farahani et al., 2011).

Desta forma, com a finalidade de melhorar a gestão do espaço e do tempo, são consideradas três classes de produtos, – ABC – em que a classe A apresenta maior taxa de procura, enquanto que a classe C revela um consumo baixo (Tabatabaei et al., 2021).

Outra variante desta política é a associação com o *turnover* do produto, em que atribui localizações de acordo com a rotatividade dos mesmos (Rouwenhorst et al., 2000). Os artigos que apresentam maior taxa de rotatividade são armazenados nas posições de fácil acesso e o mais próximo possível dos locais de entrada ou saída do armazém. É bastante comum, distinguir os artigos entre *fast*, *medium* e *slow movers* (Figura 5), em que os produtos *fast movers* apresentam maior rotatividade. No entanto, a congestão dos corredores e a utilização desequilibrada do armazém revelam algumas desvantagens desta política. Esta estratégia é de difícil implementação, devido à necessidade de categorizar todos os artigos, de modo a atribuir-lhes uma localização.

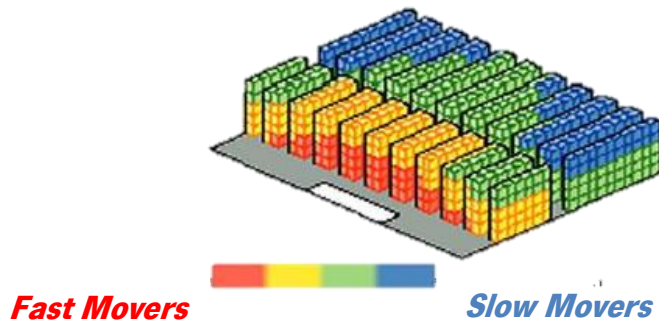


Figura 5 – Heat Map de um Armazém baseado no Turnover do Produto

Adaptado de (van Heerden & van Vuuren, 2018)

O **agrupamento por famílias** tem por base as possíveis relações de afinidade entre os produtos. Tal facto reflete-se na alocação de produtos relacionados, ou que tenham tendência a serem comprados ou separados em conjunto, na mesma área de armazenamento (de Koster et al., 2007).

Gu *et al.* (2010) acrescentam outro critério, denominado *Duration-of-Stay* (DOS). Esta prática é bastante similar à política baseado no *turnover* do produto, contudo o critério de divisão é baseado na duração em que um determinado produto permanece armazenado e não na frequência com que é acedido (Goetschalckx, 2012).

A **estratégia DOS** baseia-se na informação de quanto tempo um produto fica armazenado. Historicamente, este tipo de política é de difícil implementação, dado que requer o rastreamento e gestão de cada unidade armazenada. Contudo, os atuais sistemas de gestão de armazenamentos possuem as capacidades necessárias para facilitar a sua implementação (Gu et al., 2010).

Para Farahani et al. (2011) a escolha da melhor política irá depender dos custos do *picking* de pedidos e do espaço disponível do armazém. Tanto a política dedicada como a aleatória são as mais indicadas quando os custos de *picking* ou de espaço são fatores importantes. Contudo, quando ambos os custos são, simultaneamente, importantes a melhor política a adotar será a baseada em classes. Gu et al. (2010) evidenciam que, teoricamente, a adoção da política DOS é a mais promissora em relação à minimização do tempo e custos de viagem.

Sistemas de Armazenamento

Atualmente, existem variados sistemas de armazenamento de material, cada um com características específicas, sendo adequado para diferentes realidades operacionais. No planeamento da sua implementação é necessário determinar qual, ou quais os sistemas apropriados, tendo em conta vários fatores, como (Rushton et al., 2014):

- Utilização eficiente do espaço, considerando a acessibilidade às paletes, as localizações de armazenamento e o armazenamento em altura;
- Alta produtividade, velocidade e precisão no armazenamento e no *picking*;
- Segurança dos colaboradores;
- Integridade e segurança do inventário;
- Custo total mínimo.

Geralmente, a paleta de madeira é a unidade de carga mais comum em armazéns, uma vez que a sua utilização proporciona um procedimento de armazenamento e equipamento de manuseamento *standard*, ou seja, independente da mercadoria (Rushton et al., 2014).

Contudo, existem vários tipos de produtos que não são próprios para paletização, por serem demasiado pequenos, grandes ou longos.

Com a utilização da paleta como unidade de carga, podem destacar-se os seguintes métodos de armazenamento (Anderson, 2004; Goetschalckx, 2012; Lambert et al., 1998; Richards, 2017; Rushton et al., 2014):

1. Empilhamento em Bloco (*Block Stacking*)

O empilhamento em bloco pode representar uma parte importante do sistema de armazenamento, pois é um método muito flexível, uma vez que qualquer produto pode lá ser colocado e não possui qualquer estrutura, logo não existem limites de altura nem largura. Este método pode ser benéfico para armazenamento temporário ou para produtos *fast-movers*. É aconselhável utilizar este método para um número reduzido de artigos, mas com uma elevada quantidade de stock e utiliza sempre o princípio LIFO (*Last In, First Out*).

As grandes vantagens deste método são que não é necessário um grande investimento, não requer equipamento de armazenagem, permite uma boa utilização do espaço horizontal e é simples de controlar. No entanto, é necessário ter atenção à altura do bloco, devido à instabilidade e ao peso exercido nas cargas inferiores e só permite livre acesso às paletes da frente e de cima.

2. Corredores Móveis – *Drive in e Drive Through*

Este método é operacionalmente equivalente ao empilhamento em bloco, contudo já detém uma estrutura de suporte. Neste método, as empilhadoras entram entre as colunas de cada *rack*. É utilizado, usualmente, no armazenamento de produtos homogêneos, com grande quantidade de paletes por referência. Permite uma melhor utilização do espaço em altura e máxima utilização do

volume disponível. Porém, requer paletes de boa qualidade, a velocidade de movimentação é baixa e as condições de segurança dos condutores pode ser posta em causa.

3. Estantes Ajustáveis (*Adjustable Racks*)

As estantes ajustáveis são a forma mais comum de armazenamento e são, geralmente, utilizadas para um número elevado de artigos com um baixo nível de stock por cada linha de produtos ou artigos. Os custos associados são relativamente baixos, as estantes são ajustáveis aos vários tamanhos e tipos de paletes, possui acesso direto a todas as posições de stock e permite a utilização de sistemas de localização. Todavia, cada corredor de passagem permite acesso somente a duas linhas de *racks* e a utilização do espaço é baixa.

4. Estantes de Dupla Profundidade (*Double Deep Rack*)

As características operacionais, deste método, são idênticas às estantes ajustáveis. É comum utilizar este sistema quando existe pelo menos duas paletes de stock, por cada artigo. Deste modo, a regra FIFO não é aplicável, requer empilhadores com garfos telescópios e perde-se o acesso direto a algumas posições de stock.

5. *Rack Cantilever*

Este tipo de prateleira é a solução ideal para armazenar vários tipos de materiais compridos, como postes, tubos ou chapas de metal. A principal vantagem é a capacidade de armazenar artigos de diferentes comprimentos, formas e dimensões.

6. *Push Back Racking*

As paletes são colocadas individualmente numa estrutura, com rodas. As prateleiras são constituídas com uma profundidade de três a cinco paletes. A inserção de uma nova paleta empurra as existentes para trás, pelo que a sua remoção faz com que as paletes deslizem para a extremidade de acesso da empilhadora.

7. Armazenagem Dinâmica por Gravidade (*Flow Track*)

O armazenamento dinâmico por gravidade é, usualmente, utilizado para armazenar produtos de elevada procura, isto é, produtos com elevada atividade/rotação, sendo que produtos com tamanho e forma uniforme são os que melhor se adaptam a este tipo de armazenamento. Outra característica é que uma das faces, da estante, é utilizada para recolha e outra para reposição de stock. Este

método permite a rotação automática do stock, com base no princípio FIFO, e consegue uma elevada utilização do espaço.

8. Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS)

Ao contrário dos sistemas anteriores, este é controlado por computador, sendo que maioria dos sistemas automáticos utilizam métodos similares aos revistos, como as estantes ajustáveis ou corredores móveis, contudo são gruas robotizadas posicionadas nos espaços entre as prateleiras que arrumam e retiram os produtos ou paletes. A maior desvantagem deste sistema é o investimento inicial e a manutenção do mesmo, sendo que deve ser reservada para horas de menor congestionamento.

Para produtos não paletizados, existe uma gama de sistemas de armazenamento desenhados para o efeito. Alguns deles são usados em combinação, logo os tamanhos *standard* são bastante revelantes. Para este tipo de produtos é aconselhável existir uma localização específica para cada SKU. Alguns exemplos de sistemas de armazenamento para este tipo de produtos, podem ser (Lambert et al., 1998; Rushton et al., 2014):

9. Estanteria, Caixas Modulares, Estantes Móveis, Estantes de Vários Níveis com Passarelas

Para pequenas peças ou produtos, este tipo de métodos são os mais indicados e frequentes. A arrumação desta tipologia de artigos à unidade, em caixas ou embalados e colocados em gavetas ou prateleiras, é bastante frequente, como forma de facilitar o *picking*. Como os itens são retirados manualmente, a altura do sistema de armazenamento não pode ser muito elevada e deve estar de acordo com as características físicas dos operadores.

10. Flow Racks (carton live storage)

Neste sistema, os produtos são armazenados em rolamentos inclinados, sendo a operação de reabastecimento realizada de um lado da prateleira e o *picking* do outro, logo o princípio FIFO é assegurado com este tipo de método.

11. Sistemas Mecânicos Tipo Carrocel

Este método consiste num sistema mecânico ou cestos montados em correntes metálicas acionadas por motores elétricos. Existem sistemas verticais e horizontais. Nestes sistemas o stock de artigos é transportado até ao operador, minimizando assim o seu movimento. Além disso, os carrosséis permitem uma boa utilização do espaço.

Tendo em conta o tipo de armazéns, a mercadoria em causa e os serviços contratados, a gestão de armazém definida deverá garantir uma administração eficaz de equipamentos, recursos humanos, espaços e informação.

O desempenho de um sistema de armazenamento irá depender de certas características como o número e o tipo de produtos a armazenar, o inventário total a ser armazenado e o tipo e o equilíbrio dos fluxos de entrada e saída.

Embora exista uma ampla variedade de sistemas de armazenamento e manuseamento, o objetivo é sempre alcançar o nível de serviço exigido, pelo menor custo total. Para cada realidade empresarial, é necessário realizar um levantamento de requisitos, para que se consigam otimizar os procedimentos logísticos do armazenamento, de modo a cumprir com os objetivos da organização.

2.4.3 Picking

O *Order Picking* é uma das atividades mais importantes num armazém, por causa dos efeitos diretos manifestados no serviço ao cliente e no que representam nos custos do armazém – cerca de 55% do total dos custos operacionais do armazém, como ilustrado na Figura 6 (Tompkins et al., 2010).

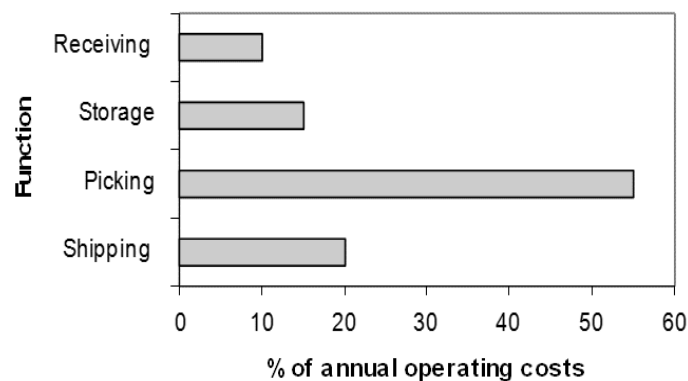


Figura 6 – Distribuição Anual dos Custos das Operações de um Armazém

(Tompkins et al., 2010)

De Koster et al. (2007) define *Order Picking* como o processo de recolha de produtos armazenados (ou em áreas de buffer), em resposta a um pedido específico de um cliente. Acrescenta ainda que, este processo é a atividade laboral mais intensiva dentro de um armazém manual e a mais dispendiosa na implementação de sistemas robotizados.

Tompkins *et al.* (2010) estudaram o tempo despendido pelos operários durante esta operação, categorizando diversas atividades inerentes à mesma – Figura 7.

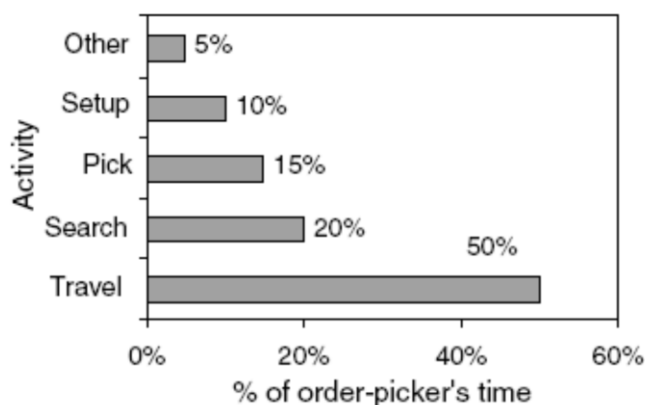


Figura 7 – Distribuição do tempo despendido no Picking

(Tompkins et al., 2010)

Os mesmos autores evidenciam que o tempo de viagem ou deslocamento é o que apresenta maior percentagem (50%) de tempo despendido durante a operação de *picking*.

Outra variável relevante é a da procura pelo componente ou material durante a operação, apresentando 20% do tempo total de trabalho. Esta percentagem representa tempo improdutivo, e acaba por não acrescentar valor ao produto final. Todos estes fatores e, por consequência, toda a operação de *order picking*, estão dependentes dos métodos e estratégias de armazenamento, vistas anteriormente, praticadas no armazém.

Esta atividade tem sido alvo de estudo e evolução constante, pelo que atualmente existem vários métodos diferentes para a realizar. De seguida são apresentados os mais comuns.

Sistemas Order Picking

De Koster *et al.* (2007) e Gu *et al.* (2010) identificam e definem vários e diferentes sistemas de *picking*, que podem ser visualizados na Figura 8, entre os quais:

1. Picker-to-Parts

Este método representa a maioria dos sistemas de *picking*, onde os trabalhadores circulam, a pé ou numa empilhadora, ao longo dos corredores, para recolher os artigos e, posteriormente, entregam numa zona específica. Este sistema pode ainda obter três variantes organizacionais distintas: *picking by order* (ou *discrete picking*), *batch picking* e *picking by line*.

No caso do ***picking by order***, o operador de *picking* recolhe todos os itens de uma encomenda, deslocando-se às várias localizações onde estão as referências da encomenda. Quando termina de satisfazer uma encomenda, passa para a encomenda seguinte. Deste modo, este método não tem

em conta se o artigo aparece repetido em encomendas posteriores, o que pode resultar em tempos improdutivos na repetição da atividade.

No ***batch picking***, o operador executa vários grupos de encomendas em simultâneo, linha a linha, separando de imediato a quantidade necessária por encomenda.

No ***picking by line*** a recolha dos itens nas localizações é feita para satisfazer várias encomendas em simultâneo, numa determinada rota pré-definida.

2. *Parts-to-picker*

O *parts-to-picker*, inclui sistemas de armazenamento e separação automatizados, por meio de carris, que na sua maioria estão ligados a corredores que retiram uma ou mais unidades (paletes ou caixas) trazendo-a para uma posição de recolha. Nessa posição, o *picker* retira o número necessário para a encomenda, após o qual a carga restante é armazenada novamente.

3. *Zone Picking*

No *zone picking*, o espaço de armazenamento é dividido em zonas, em que cada zona possui um ou mais *pickers*, que apenas realizam o *picking* na zona atribuída. O *zone picking* pode ser dividido em função de onde acontece a suboperação de *sorting* (ou separação por encomenda). Se for realizada ao mesmo tempo em que os artigos são retirados, denomina-se *pick-to-box*, dado que a encomenda está associada a uma caixa. Esta solução é a mais utilizada em casos em que um número elevado de pequenos artigos são obtidos para encomendas de tamanho pequeno. Outro método é o *pick-and-sort*, em que, após o *picking*, os artigos são movimentados até uma zona de separação, onde se organizam por encomenda. Esta solução é preferível à anterior, quando se considera um maior volume de linhas sobrepostas, pelo que a divisão por encomenda não deve ser realizada por quem faz o *picking*.

4. *Wave Picking*

A prática *wave picking* é usada aquando determinadas ordens têm um destino comum. Aqui, as ordens são libertadas em simultâneo, durante um período do dia ou turno, para recolha em várias áreas do armazém. Assim, o *picking* do mesmo item é efetuado em simultâneo para várias encomendas de clientes.

5. *Picking Automático*

Este sistema está normalmente associado aos AS/RS. A utilização de sistemas robotizados na realização do *picking* conduz à eliminação da necessidade de trabalho manual e assegura maior precisão na operação, com clara desvantagem no investimento inicial na automação do armazém.

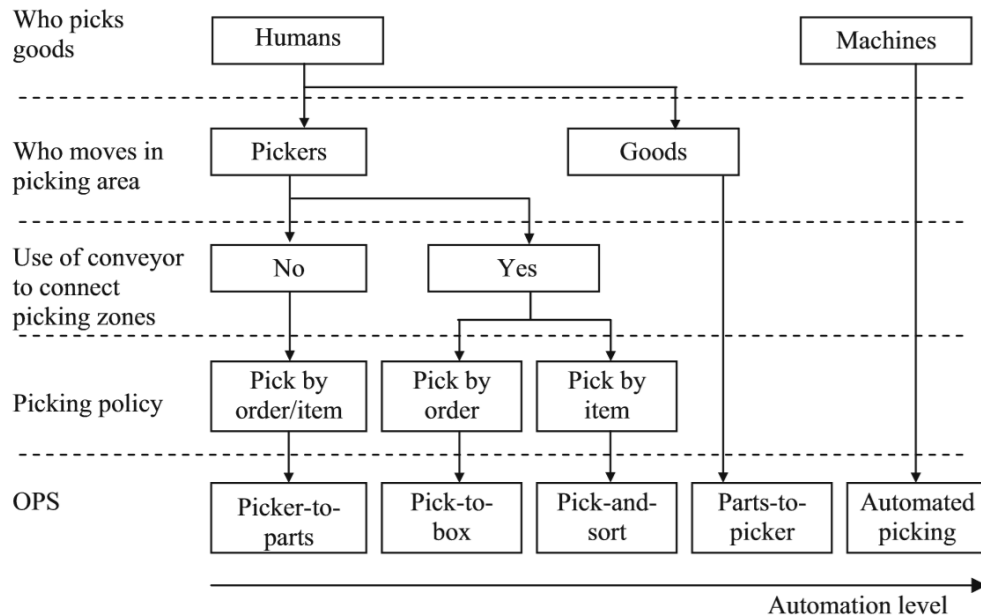


Figura 8 – Classificação dos Sistemas de Picking

(Dallari et al., 2009)

2.4.4 Expedição

A expedição é a última operação, sendo uma atividade que inclui o embalamento e a conferência de encomendas, mas também o transporte e o respetivo planeamento para fazer chegar uma mercadoria a um dado destino (Lambert et al., 1998).

2.5 Gestão de Stocks

Desde muito cedo que existe a preocupação com o dimensionamento, a formação e preservação de stocks, ou para garantir a alimentação num certo período de tempo, como forma de acumular recursos utilizados em combates, ou para enfrentar períodos de maior escassez (Ayres, 2009).

Atualmente, em pleno século XXI, na era do *Supply Chain Management* (SCM) – em que se busca a gestão total e conjunta de stocks de todos os intervenientes da cadeia, sejam fornecedores, transformadores, clientes, subcontratados e parceiros – o objetivo principal passa por responder às necessidades do cliente, com o mínimo de stock possível e com os menores custos (Ayres, 2009).

Courtois *et al.* (2006) afirmam que a gestão de stocks tem por objetivo manter num patamar aceitável o nível de serviço para o qual o stock considerado existe. Para uma eficaz gestão de stock é necessário ter

em conta três aspetos importantes: a determinação do quê, quando e quanto deve ser adquirido ou produzido. “O quê” procura determinar quais SKUs devem ser comprados ou produzidos. “Quando” refere-se à determinação das datas nas quais os pedidos ou ordens de compra devem serem emitidas, de forma a garantir a sua disponibilidade, em tempo útil, para atender às necessidades da procura. “Quanto” é outro fator relevante, uma vez que indica as quantidades que devem ser obtidas, de um determinado material. Os dados históricos ou ferramentas, como o *Materials Requirement Planning* (MRP), respondem, habitualmente, a estas questões (Ayres, 2009).

Simultaneamente ao desenvolvimento, no mundo ocidental, de ferramentas e técnicas como o MRP ou o *Capacity Resources Planning* (CRP), no Japão, começaram a ser desenvolvidas técnicas fundamentais na filosofia industrial como o *Just in Time* (JIT), envolvendo, entre outras, a técnica de gestão de stocks através do *kanban* e o conceito de que o stock pode ser considerado, na maioria das vezes, um desperdício. Esta visão de que os stocks são sempre prejudiciais à atividade produtiva ganhou muita força na década de 1980, mas tem vindo a ser reavaliada, tendo em conta o papel cada vez mais importante, do ponto de vista competitivo, dos stocks. Estes constituem, inegavelmente, fatores geradores de custos, mas, em contrapartida, exercem uma função essencial e positiva no resultado financeiro de qualquer empresa (Ayres, 2009).

Os custos de capital, armazenamento, proteção, deterioração, perda, seguro, embalagem e administração tornam os stocks caros e com custos acrescidos. O inventário pode absorver 25 a 40% dos custos logísticos e representar uma porção significativa do total de ativos de uma organização (Farahani et al., 2011).

Contudo, a maioria das empresas, mesmo as que praticam o JIT, mantêm um nível de stock superior a zero. Para Zermati (1990), Jacobs e Chase (2018) algumas das razões para manter stock, podem ser:

- Manter um certo nível de stock em determinados postos de trabalho permite um aumento de flexibilidade das operações e diminuição do número de *setups*. Por exemplo, em linhas de montagem, a manutenção de stock permite compensar desequilíbrios na duração de tarefas, impedindo quebras na linha.
- Para cobrir situações de flutuação sazonal, em casos em que o stock permite assegurar o consumo regular de um produto, apesar de a sua produção ser irregular. Neste caso, em que é possível prever a procura, mas impossível produzir o suficiente para cobrir essa procura, a produção antecipada do artigo origina stock, mas poderá absorver essa variação.

- Aumentar a flexibilidade do planeamento da produção: a existência de stock atenua a pressão do sistema produtivo em expedir o produto.
- Proteção contra as incertezas do mercado: a constituição de stocks é bastante usual em situações de penúria ou especulação de preços.
- Prevenir atrasos na entrega de matéria-prima: quando é feita uma encomenda a um fornecedor, as entregas podem chegar depois da data prevista ou os materiais podem não cumprir os requisitos de qualidade, o que pode provocar custos operacionais acrescidos;
- Tirar partido de economias de escala. Por exemplo, obter grandes quantidades de uma determinada matéria-prima permite ao fabricante tirar partido da redução do preço por cada unidade, associado ao volume comprado. Como o volume de material encomendado é maior, o custo por unidade transportada é menor.
- O aumento do nível de serviço ao cliente: apesar de ser pouco económico, produzir para stock determinados produtos, permite que as empresas possuam uma capacidade de resposta mais rápida, face aos pedidos dos clientes.

A fim de garantir os resultados esperados na gestão de stocks, deve ser dada uma especial atenção ao controlo dos mesmos. Ou seja, os saldos físicos devem estar sempre de acordo com os registos teóricos. Toda a informação disponibilizada deve manter um fator de qualidade e confiabilidade, pois nem sempre o *stock* contabilizado nos sistemas corresponde à quantidade de produtos que existem realmente em armazém. Elevadas discrepâncias entre o *stock* real e o *stock* contabilístico podem causar problemas na cadeia de abastecimento. Por essa razão, é importante controlar a precisão do inventário.

As divergências, normalmente, têm origem em falhas no controlo, seja na entrada, saída ou em tarefas de movimentação e armazenagem. Quanto mais automatizado o controlo de stock, maiores as possibilidades de se evitarem erros. O recurso ao método FIFO, que incentiva a ocorrência de uma rotatividade a partir da expedição de produtos mais antigos, é uma maneira simples, porém objetiva de possibilitar a rastreabilidade dos produtos (Ayres, 2009).

Os gestores das cadeias de abastecimento estão continuamente à procura das melhores práticas, com o intuito de melhorar a gestão de inventário, e atualmente, sabe-se que a utilização da tecnologia dá um contributo significativo na gestão de qualquer cadeia de abastecimento. Quanto maior a capacidade da cadeia para rastrear dados e detalhes mais específicos, mais informações ficam disponibilizadas para serem processadas através da utilização de capacidades de análise avançadas, que permitirão entender como o inventário se move dentro e fora do armazém.

A tecnologia utilizada dentro de uma organização também deve contribuir para melhorar a gestão do inventário. Por outras palavras, os sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) antigos, por exemplo, não oferecem recursos de gestão de inventário, nem a capacidade de ver o inventário em todos os canais que devem ser atualizados. Além disso, a tecnologia utilizada deve incluir funções de gestão de inventário na maioria dos sistemas, incluindo gestão de mão de obra e logística. As melhores práticas de gestão de inventário devem incluir os processos de armazenamento e de envio necessários para garantir que os níveis de stock permaneçam estáveis. O rastreamento do stock durante o transporte é também fundamental para o sucesso da cadeia de abastecimento, pois constitui um ativo considerável para as empresas da cadeia global de abastecimento. O não acompanhamento deste inventário pode levar a problemas com estratégias de reabastecimento (GlobalTranz, 2020).

2.6 Sistemas de Informação e a Gestão do Armazém

A informação atua, não só, como um motor das funções logísticas de uma organização, conseguindo manter o sistema unido e coordenado, como também, impulsiona a dinâmica da *supply chain*, uma vez que afeta diretamente todas as partes relacionadas da cadeia. A informação logística pode surgir de diversas áreas, através de dados e análises referentes às instalações, stocks, transportes, custos, preços, entre outros (Farahani et al., 2011). O crescimento da importância das Tecnologias da Informação é uma prova do impacto de uma boa gestão da informação numa empresa.

Neste contexto empresarial exigente, surgem cada vez mais soluções tecnológicas que apoiam as empresas na gestão dos armazéns. Não só permitem a automatização de algumas tarefas, como também contribuem para uma melhor monitorização dos inventários e uma maior rastreabilidade dos produtos em stock.

Um sistema de gestão de armazém deve considerar duas funções importantes:

- **Controlo de Stock:** deve conter informações sobre o stock, em tempo real, no armazém, a quantidade de volumes existentes e as quantidades em cada um;
- **Gestão de Localizações:** deve saber gerir informações sobre o modelo organizacional do armazém (regras de armazenamento e separação, áreas de carga e descarga, etc.) e a localização de todos os itens e volumes armazenados.

Um sistema de gestão de armazém realiza, não só, a manutenção operacional dos materiais e os seus locais de armazenamento, mas também fornece o controlo e supervisão de otimização contínua do fluxo de material, equipamento e da equipa, desde a receção de mercadorias até todo o armazém e etapas

de processamento, até à saída das mesmas (Kappauf et al., 2012). Deste modo, a maioria das empresas precisam de dominar os seguintes processos, com suporte do sistema de gestão de armazém:

- Descarga de mercadorias provenientes dos diferentes fornecedores;
- Monitorização da receção de mercadorias;
- Desagregação de unidades de carregamento e formação de unidades de armazenamento;
- Gestão de Stocks;
- Armazenamento e *picking*;
- Embalagem, formação de unidades de carga e envio.

Kappauf *et al.* (2012) refere que, atualmente, as tarefas de gestão de um armazém são consideravelmente mais complexas e contam com o suporte de um sistema de tecnologia da informação. Acrescenta ainda que, certas tecnologias, como o RFID (*Radio Frequency Identification*), sistemas de *racks* automáticos, a otimização de rotas, *pick-by-voice* e a robótica são tendências que vão muito além dos processos tradicionais de um armazém e devem ser apoiados por um sistema de gestão de armazém moderno e vanguardista.

Atualmente, a utilização de *Warehouse Management Systems* (WMS) é bastante usual em qualquer armazém. Este tipo de software é utilizado para controlar todas as operações logísticas internas através do rastreamento do fluxo de produtos. O WMS pode ser articulado com o principal sistema de gestão da organização, como o ERP ou, até, com um sistema AS/RS (A et al., 2012).

Para Miralam (2017) a implementação de um WMS gera uma maior satisfação no serviço ao cliente e conduz a melhorias significativas na eficiência e na eficácia do armazém. Os WMS são utilizados em vários ambientes como centros de distribuição, armazéns de WIP, de produto final, de matérias-primas, entre outros e todos os eles partilham as mesmas funções e atividades: receção, armazenagem, *picking*, por vezes devolução, e expedição.

A implementação de um WMS proporcionará um aumento na precisão, redução nos custos operacionais (burocracia, mão de obra e supervisão) e uma maior capacidade de atender às necessidades do cliente, reduzindo os tempos de ciclo. O WMS não só levará à redução do stock, como também a uma maior capacidade de armazenamento e a um aumento na precisão e na eficiência dos processos (Miralam, 2017).

Estes softwares permitem um amplo controlo das operações logísticas associadas aos armazéns, desde o momento em que uma mercadoria entra, passando pelo acondicionamento e pela preparação de encomendas até à sua expedição. Mas, apesar de estes sistemas permitirem a automatização de

diversas operações de armazém, não são uma solução mágica. É fundamental preparar e formar toda a equipa para que a empresa possa tirar o melhor partido destas ferramentas.

Ao mesmo tempo, a implementação do WMS requer um investimento significativo e um longo período, que deve ser justificado após a implementação e pelos benefícios obtidos. Além disso, a empresa deve estar preparada para alterar todo o seu processo e sistema de armazenamento. A implementação de um sistema de gestão, sem mudanças no processo, tem comprovado que não leva à redução de custos nem à melhoria da eficiência, pois somente reduzirá os erros devido a fatores humanos (A et al., 2012).

3. GENSYS – *SMART PRODUCTION SYSTEMS*

Numa tentativa de responder aos desafios decorrentes da globalização e às novas exigências do mercado, as organizações têm, cada vez mais, que ser capazes de lidar com uma grande diversidade de artigos, grandes quantidades de informação e adequar os seus processos produtivos, procedimentos e estruturas organizacionais, de maneira a obter um sistema produtivo eficaz e eficiente. Este conjunto de fatores motivaram o aparecimento da GenSYS.

A *GenSYS – Smart Production Systems* detém um sistema informático que permite às empresas do setor industrial produzir, de forma massiva, artigos diferenciados, dando resposta a alguns dos desafios colocados pela Indústria 4.0, como o aumento da diversidade de artigos e a possibilidade de personalização dos produtos.



Figura 9 – Logotipo GenSYS- Smart Production Systems

O designado sistema *GenSYS – Generic Smart Manufacturing System* incorpora um conjunto de novos modelos de gestão da informação de artigos, planeamento, controlo e programação da produção, que tenta responder ao paradigma da Customização em Massa e atender aos requisitos da Indústria 4.0 e dos *Smart Manufacturing Systems*, o que permite às organizações lidar com ambientes de produção de alta diversidade de artigos com níveis de eficiência idênticos aos da produção em massa.

Confere uma rede vertical de sistemas de produção inteligentes para as fábricas do futuro, que permitem responder adequadamente ao tipo de produção específica e individualizada e a diferentes desvios decorrentes do normal funcionamento do chão de fábrica, assim como uma integração horizontal e global da cadeia de abastecimento, desde o fornecedor até ao cliente final, passando pelos meios de armazenamento e de produção.

Para além da capacidade de lidar, de forma eficiente, com a diversidade e a personalização de artigos, salienta-se ainda a:

- Capacidade para integrar e conectar todos os recursos e entidades que interagem e afetam o funcionamento do sistema de produção, de maneira a garantir que toda a informação utilizada na tomada de decisão se encontra atualizada e reflete o estado real do sistema de produção;

- Capacidade para alocar, sequenciar, sincronizar e monitorizar as tarefas de todos os recursos e entidades que interagem ou afetam o sistema produtivo, com o mínimo de intervenção humana possível e com grande credibilidade;
- Capacidade para se adaptar, em tempo real e com o mínimo de intervenção humana, a mudanças na procura, mudanças nos produtos, alterações de estado de equipamentos, disponibilidade de componentes, através da realocação automática de tarefas, configurações de equipamentos e alterações de fluxo de materiais;
- Capacidade para se adaptar a novos produtos, novos equipamentos, novos processos e novos procedimentos organizacionais;
- Capacidade de personalizar o próprio sistema informático para que este possa acompanhar a evolução da organização e se possa ir adaptando aos diferentes tipos de utilizador, aos diferentes tipos de equipamento e aos diferentes tipos de sistemas informáticos que possam existir na organização.

O Sistema GenSYS pretende fornecer toda a informação necessária à realização das funções do planeamento, controlo e programação da produção. Este encontra-se dividido em três grandes áreas funcionais e interligadas, como ilustrado na Figura 10:

- **Gestão de Informação de Artigos (GenPDM):** responsável por caracterizar toda a informação necessária para produzir um produto;
- **Planeamento e Controlo da Produção (GenPPC):** concebido para atividades de planeamento e controlo da produção no médio prazo, integrando funções como o plano diretor da produção (PDP), o planeamento das necessidades de materiais (MRP), o planeamento das necessidades de capacidades (CRP) e os lançamentos de ordens de produção e de compra;
- **Controlo do *Shop Floor* (GenSFC):** concebido para atividades de programação e controlo da produção a curto prazo, fornecendo informações sobre todos os intervenientes no *shop floor*, como postos de trabalho, armazéns e sistemas de transporte.

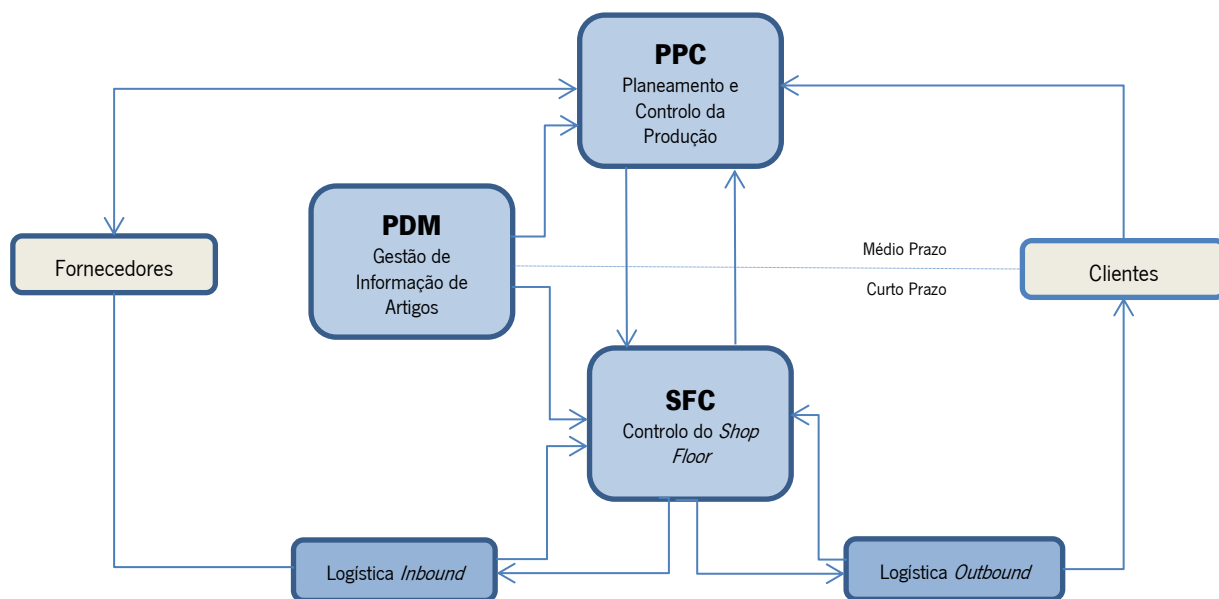


Figura 10 – Representação das Áreas Funcionais do sistema GenSYS

(Adaptado de GenSYS, 2021)

Cada uma das áreas funcionais do sistema será revista, com mais detalhe, no capítulo seguinte.

A qualidade da função de programação da produção está dependente, em grande parte, da qualidade da informação que a função de monitorização lhe fornece, mas também de um conjunto de informações que deve ser fornecido pelas restantes áreas funcionais do planeamento e controlo da produção, como por exemplo, a gestão da informação de artigos, o controlo de stocks, a definição dos planos de produção e de compras.

4. O SISTEMA GENSYS NO APOIO À ORGANIZAÇÃO DE UM ARMAZÉM

De forma a contextualizar a relevância do trabalho desenvolvido, o seguinte capítulo foca-se, sobretudo no objeto de estudo, – os armazéns – nomeadamente, nos conceitos e funcionalidades que o sistema GenSYS oferece face à melhoria da sua organização.

Inicialmente, será realizada uma breve introdução ao sistema, assim como uma apresentação das principais funções e eventos suportados pelo mesmo. Uma vez que o objeto de estudo têm incidência nas três grandes áreas do sistema, é identificada a informação crítica relacionada com a gestão da informação de artigos (GenPDM), o planeamento e controlo da produção (GenPCP) e, por último, o controlo do *shop floor* (GenSFC). Serão também identificados requisitos e especificações técnicas que são asseguradas em cada uma destas áreas. Numa fase posterior, serão abordadas, de forma concreta, as capacidades que o sistema GenSYS confere no apoio e na organização de um armazém.

Por último, é proposta uma metodologia genérica de apoio, que permite assistir uma organização industrial na organização interna dos seus armazéns.

4.1 O Sistema GenSYS

Pelas suas características, os modelos de gestão da produção associados aos paradigmas de produção tradicionais, como a produção em massa, tornam-se incapazes de responder aos novos requisitos e novos desafios do mercado.

O aparecimento do sistema GenSYS, enquanto *Smart Manufacturing System*, foi desenvolvido para fazer face à necessidade das organizações conseguirem lidar com uma grande diversidade de artigos, grandes quantidades de informação e adaptação dos processos produtivos, procedimentos e estruturas organizacionais, como tentativa de responder à crescente procura de produtos personalizados, de alta qualidade e com baixos prazos de entrega. Para colmatar estas necessidades, o sistema GenSYS define novos modelos e ferramentas de gestão e novos métodos para organização da produção.

Como já referido, no Capítulo 3, o sistema está estruturado em três grandes áreas funcionais, que por sua vez são suportadas por módulos adjacentes (Figura 11).

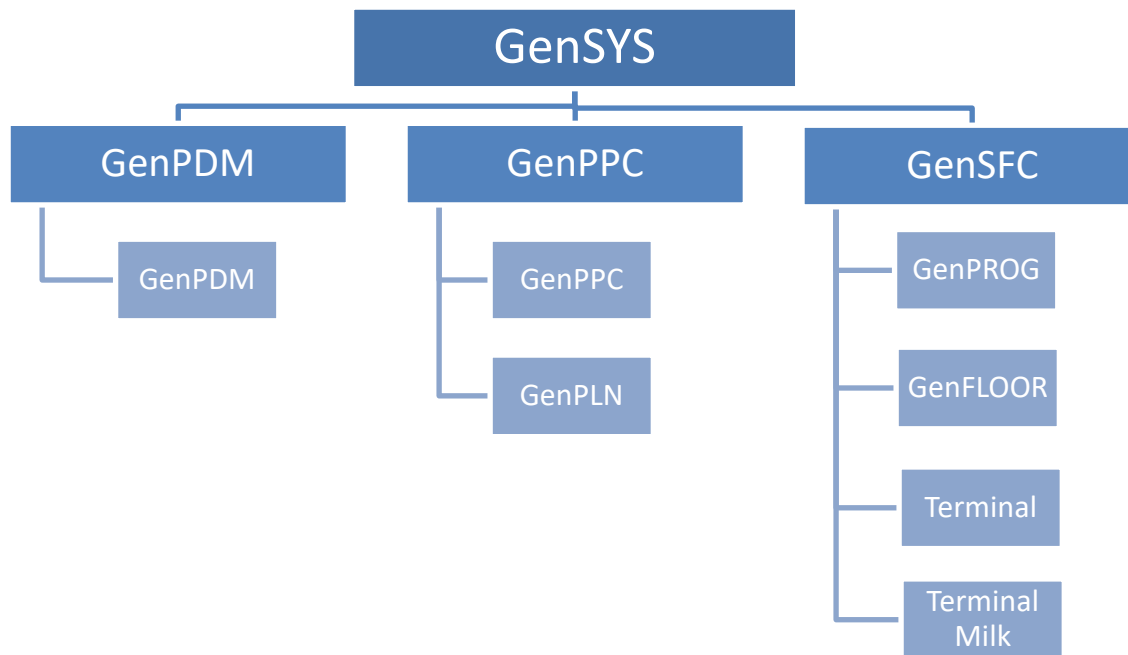


Figura 11 – Módulos de cada área funcional do sistema GenSYS

4.1.1 Gestão da Informação de Artigos – GenPDM

Para gerir a informação inerente aos artigos de uma organização, os sistemas informáticos implementam modelos de representação de informação de artigos. A gestão da informação de artigos, isto é, a gestão da informação sobre características e propriedades de artigos, listas de materiais e gamas operatórias, é a função mais importante do sistema, porque disponibiliza a informação necessária para a realização das restantes funções do sistema de planeamento, controlo e programação da produção.

Para gerar e gerir a informação sobre os artigos, os sistemas tradicionais de gestão de informação de artigos, baseiam-se em modelos convencionais de representação de informação, em que cada artigo tem o seu código de identificação, respetiva lista de materiais (do inglês, *Bill of Materials*) e gama operatória (do inglês, *Bill of Operations*). Este tipo de modelo de gestão de informação é designado **referenciação direta** (Gomes et al., 2009).

O módulo GenPDM utiliza modelos em que existe uma identificação para um conjunto de artigos que partilham as mesmas propriedades, onde a lista de materiais (BOM) e a gama operatória (BOO) são criadas não para cada artigo, mas para uma família ou conjunto de artigos. Este tipo de modelo de gestão de informação é designado **referenciação genérica** (Gomes et al., 2009).

Com a divisão da população de artigos em famílias de produtos e a criação de referências genéricas, o sistema GenSYS permite uma redução do número de códigos de identificação necessários para

representar a diversidade de produtos existentes numa organização, comparativamente com os que seriam necessários nos modelos tradicionais de referência direta.

De entre as várias características desta área, fundamental para o sistema, destacam-se os atributos. Os atributos representam propriedades associadas a qualquer uma das referências genéricas, independentemente dos parâmetros particulares de cada uma delas.

Alguns atributos afetam o comportamento das funções de planeamento e controlo da produção, a médio prazo, e outros influenciam a programação da produção, a curto prazo.

De entre os vários atributos existentes, que complementam a informação relativa a uma determinada referência, existem alguns com efeitos diretos no controlo e organização de um armazém.

Nomeadamente:

- Tamanho Lote Planeamento: do inglês, *lot size* (LS), o tamanho do lote de planeamento representa a quantidade mínima para aquisição ou produção. Caso o valor deste atributo seja zero, no cálculo do MRP é assumido o valor da necessidade líquida, assumindo a estratégia da perseguição da procura.
Por exemplo, se a necessidade líquida de um componente for 30 unidades e o tamanho de lote de planeamento de 50 unidades, o sistema ao executar o cálculo MRP irá sugerir encomendar 50 unidades do componente. Caso o LS seja 0, a quantidade sugerida pelo MRP será igual à necessidade líquida, ou seja, 30 unidades.
- Stock de Segurança: Quantidade mínima de produtos ou matérias-primas que devem ser mantidas em stock, face a possíveis variações existentes na procura. Sempre que o nível de stock baixar, o valor definido neste atributo, no próximo lançamento previsto, é emitido com quantidade suficiente para satisfazer as necessidades e repor o stock.
Por exemplo, se a necessidade líquida de um determinado componente for de 30 unidades, a quantidade em stock, do mesmo componente, for de 0 e o stock de segurança definido for de 40, o sistema irá sugerir encomendar 70 unidades.
- Registo de Volumes de Fornecedores: atributo que indica se a matéria prima é entregue em volumes (ou *containers*, caixas, latas, barras, etc.) pelo fornecedor, com o intuito de rastrear eventuais problemas de movimentação.
- Quantidade por Volume: para as matérias primas, corresponde à quantidade recebida pelo fornecedor, em cada volume. Para semiacabados ou produtos finais, corresponde à quantidade movimentada em cada volume (*container*, caixa, etc.).

- Distribuição de Volumes Completos: define o método de movimentação de componentes para os postos de trabalho. Se o valor deste atributo for verdadeiro, serão sempre movimentados volumes completos de determinado artigo, mesmo que a necessidade do componente seja inferior à quantidade contida em cada volume. Por exemplo, se a quantidade pedida por um posto de trabalho for de 5 metros de fio, mas o fio contém volumes de 10 metros, tendo este atributo valor verdadeiro, será movimentado o volume completo de fio.
- Dimensão Física do Volume: este é o atributo com maior impacto na organização do armazém, uma vez que permite determinar em que fila e posição as diferentes referências podem ser arrumadas num armazém.

4.1.2 Planeamento e Controlo da Produção – GenPPC

A área funcional GenPPC inclui todas as funções de planeamento e controlo da produção, a médio prazo e é talvez a área funcional mais diversificada a nível de funcionalidades. De entre as diversas funções do módulo, destacam-se o plano diretor de produção (PDP), o planeamento de necessidades de materiais (MRP), o planeamento de necessidades de capacidade (CRP), o lançamento de ordens de produção e o lançamento de ordens de compra. Estas duas últimas funções permitem identificar que referências devem ser produzidas ou compradas, respetivamente, em que quantidades e que recursos é que são necessários, sempre de acordo com as encomendas registadas e o prazo estipulado pelo cliente.

Esta área inclui, ainda, o módulo GenPLN, que fornece ferramentas analíticas e visuais para o planeamento de médio prazo. Permite analisar os resultados das necessidades de materiais e consegue identificar as necessidades brutas e líquidas, para, posteriormente, lançar as ordens de compra e produção.

Adicionalmente, o GenPPC consegue controlar e monitorizar, em tempo real, os níveis de stock da organização e, ainda permite obter informação acerca das movimentações na logística interna e externa.

1. Controlo de Stocks

O controlo de stocks está estritamente relacionado com todo o sistema, mais concretamente com as funções de alocação de trabalhos aos postos e de monitorização da execução. A alocação de tarefas produtivas necessita de informação relativa às existências de componentes, em armazém, necessários à sua realização.

Por outro lado, pretende-se que a função de monitorização, incluída no sistema, forneça informação sobre:

- Materiais usados na execução de cada tarefa de produção e respetivas quantidades;
- A entrada de artigos em armazém após a conclusão de todas as operações da respetiva gama operatória;
- A expedição de produtos finais para os clientes.

Em termos gerais, no que diz respeito ao controlo de stocks, pretende-se que o sistema, além de manter um rigoroso controlo de existências e assegurar a rastreabilidade, permita ainda determinar as diferenças entre o consumo estimado e o consumo real de matérias-primas ou componentes, de modo a ser possível quantificar, de forma mais precisa, o custo das ordens de produção.

2. Logística Interna e Externa

O sistema integra, ainda, funções de logística interna e externa. Relativamente à logística externa, o sistema permite o acesso a informação relacionada com a logística *inbound* e *outbound*. Do ponto de vista *inbound*, e do que está planeado comprar, o sistema permite a identificação, a médio prazo, das necessidades brutas, lançamentos previstos e receções programadas. No que diz respeito ao que está, de facto, a ser executado, o sistema reconhece se as compras efetuadas, a fornecedores, se encontram finalizadas, quando saem dos armazéns dos mesmos e, permite ainda, acompanhar o transporte, em tempo real, do fornecedor até à organização. O mesmo princípio também se aplica à logística *outbound*, ou seja, o sistema consegue acompanhar e rastrear um produto final, desde o momento em que é expedido até chegar ao cliente final.

No que concerne à logística interna, o sistema possibilita o acompanhamento, em tempo real, de qualquer movimentação efetuada dentro da organização.

Deste modo, o sistema GenSYS consegue conectar e interligar todos os intervenientes da rede logística, desde os fornecedores até aos clientes, passando pela gestão comercial até à gestão produtiva, a fim de garantir dados suficientes para tomar decisões, em tempo real, refletindo o estado atual e real da organização.

4.1.3 Controlo do *Shop Floor* – GenSFC

A área GenSFC foi concebida para atividades de programação e controlo da produção a curto prazo, fornecendo informações sobre todos os intervenientes no *shop floor*, como postos de trabalho, armazéns e sistemas de transporte. Esta área funcional baseia-se num modelo de produção puxada e na utilização de *kanbans* eletrónicos.

A programação da produção, num horizonte de planeamento reduzido, tem como função a alocação e sequenciação de trabalhos pelos diferentes recursos da organização. Por sua vez, a monitorização da produção permite perceber o estado atual da mesma, nomeadamente conhecer que operações foram realizadas, rastrear quais os componentes que foram utilizados no processo produtivo, as movimentações efetuadas, bem como o estado dos stocks em armazém.

Para isso, esta área funcional é constituída por um conjunto de quatro módulos, - GenPROG, GenFLOOR, Terminal e Terminal Milk - cada um com uma função específica.

O módulo **GenPROG** é responsável pela sequenciação e alocação das atividades de ordem de produção, através de *kanbans* eletrónicos, aos postos de trabalho, que têm capacidade e habilidade para executar uma determinada operação. Além disso, possui uma capacidade preditiva através da realização de projeções, que permite prever o comportamento do sistema produtivo, para um dado intervalo de tempo. Este módulo permite que haja maior agilidade, flexibilidade e proatividade na programação da produção, na medida em que é possível alterar a sequenciação dos trabalhos e antecipar potenciais desvios.

O módulo **GenFLOOR** identifica e apresenta o estado real de todo o sistema produtivo e providencia ao responsável pelo planeamento da produção, a capacidade de monitorização e controlo, em tempo real, do estado da produção em cada posto de trabalho, armazém ou meio de transporte.

O **Terminal** é o módulo destinado aos colaboradores do *shop floor*, e, por isso, colocado próximo dos postos de trabalho. Este módulo permite ao colaborador iniciar e terminar uma tarefa, disponibilizando as devidas instruções para a concretizar. Este módulo assegura também ferramentas para uma correta gestão do armazém.

O **Terminal Milk** destina-se aos responsáveis pelos meios de transportes da organização e permite coordenar e assegurar o correto fluxo de bens, lotes de produção, materiais, ferramentas ou outro tipo de recurso necessário ao *shop floor*.

À semelhança do que acontece nos restantes módulos do sistema, também na programação da produção são utilizados conceitos próprios. Para o projeto é fundamental esclarecer o conceito de “*Kanban*”, “Armazém” e “Supermercado”, que se encontram explicados em seguida.

Kanban

A definição de *kanban* é bastante lata, ao ponto de permitir que cada responsável, dentro de cada organização, defina a forma como este mecanismo deve ser transmitido entre os diferentes recursos. Contudo, todas as alternativas possuem um denominador comum - o princípio de produção puxada. Numa unidade de produção, isto significa que um posto de trabalho a montante produz apenas o que

Ihe é solicitado pelo posto de trabalho a jusante que, por sua vez, só deve produzir o que lhe é solicitado pelo posto a jusante e assim sucessivamente. O último posto só deve produzir o suficiente para dar resposta à procura do cliente (Courtois et al., 2006). Desta forma, este método simplifica a gestão do *shop floor* e contribui para a redução de inventário, para a melhoria do fluxo de materiais e previne o excesso de produção (Wan et al., 2009)

Contudo, para os mesmos autores, o método do *kanban* tradicional apresenta algumas limitações, sendo as falhas mais comuns, a perda de *kanbans*, a entrega incorreta dos *kanbans* no destino e a informação imprecisa, contida nos mesmos. Outras desvantagens apresentadas dizem respeito à sua aplicabilidade, uma vez que o método apenas é adequado para situações em que a procura é estável e repetitiva e que uma variedade relativamente grande de produtos, contribui para o aumento da complexidade do sistema *kanban* e conseqüente quebra (Jarupathirun et al., 2009). Além disso, o *kanban* tradicional carece da capacidade de monitorização e rastreabilidade, fatores vitais para a gestão eficaz da cadeia de abastecimento (Wan et al., 2009).

Assim, numa tentativa de resolver as limitações e as fraquezas apresentadas dos sistemas de *kanbans* convencionais, a tecnologia de informação é a solução natural, surgindo o *kanban* eletrónico ou *e-kanban* (Wan et al., 2009).

Estes, para além de permitirem o rastreamento, controlo e monitorização, em tempo real, possibilitam uma rápida adaptação às flutuações da procura. Ao mesmo tempo, o sistema permite controlar melhor o stock, assim como conhecer o estado, o número e a localização exata de cada *kanban*. Por último, com a aplicação de *kanbans* eletrónicos, a probabilidade de ocorrerem erros, associados à ação humana, diminui drasticamente.

Para o sistema GenSYS, um *e-kanban* é uma espécie de sinal que, no contexto dos sistemas de planeamento e controlo da produção, deve ser interpretado como uma autorização ou solicitação para a execução de uma tarefa, por parte de um posto ou outro tipo de entidade que recebe esse sinal.

O sistema GenSFC utiliza dois tipos de *kanbans*: *kanbans* de trabalho (KB), ou apenas designados *kanbans*, e *kanbans* de movimentação (KM). Qualquer um deles é gerado, de forma automática, pelo sistema informático, que suporta a implementação do modelo.

1. Kanbans de Trabalho (KB)

Mecanismo em forma de cartão eletrónico que autoriza a realização efetiva de um conjunto de trabalhos que têm de ser realizados sobre cada um dos lotes de produção. No sistema, cada KB tem um identificador próprio e único e quando associado a um lote, o KB herda as características do lote, isto é, a informação sobre os trabalhos a realizar, os componentes necessários, e respetivas quantidades, assim

como as relações de precedência entre as operações. O KB mantém-se associado ao lote até que todos os seus trabalhos estejam realizados e depois é libertado para que possa ser atribuído a outro lote. Na Figura 13 é possível visualizar um exemplo de um KB, disponibilizado pelo módulo GenPROG, com toda a informação pertinente ao utilizador do sistema, como a ordem de produção associada ao KB, a quantidade total a produzir, a sequência de operações a realizar, assim como os componentes necessários à realização das mesmas.

Nº	Operação:
14509	Operação 1
Descrição:	Próxima operação:
Artigo A	Operação 2
Quantidade:	
10 und	

Figura 12 – Representação de um kanban

Figura 13 – Exemplo de um KB no sistema GenSYS

2. Kanbans de Movimentação (KM)

O abastecimento de componentes aos postos é feito através do conceito de *kanban* de movimentação, que representa uma autorização para que um armazém ou supermercado separe uma determinada quantidade de um artigo. Estes são emitidos quando o sistema reconhece a necessidade de movimentação de artigos. Numa primeira fase, após serem lançados para os armazéns ou supermercados, eles funcionam como uma autorização para que os utilizadores procedam à sua identificação e separação dos componentes e quantidades que requerem ser movimentadas. Posteriormente, depois de separados e associados ao KM respetivo, funcionam como uma autorização de transporte desses componentes para o posto destino. Um KM pode ser associado, por exemplo, a uma matéria-prima, a um semiacabado ou a uma ferramenta. A Figura 14 demonstra um exemplo de um KM, no qual indica a referência, e respetiva quantidade, que deve ser separada e para que posto de trabalho se destina.



Figura 14 – Exemplo de um KM no sistema GenSYS

Para o sistema, os KM são os grandes impulsionadores de ações dentro de um armazém, uma vez que garantem a separação correta dos componentes necessários, no abastecimento dos postos de trabalho, na quantidade e no momento certo.

No contexto da movimentação de componentes entre postos e supermercados, o sistema permite que a solicitação de componentes seja efetuada o mais próximo possível do momento de execução prevista de cada operação – consequentemente, a libertação de *kanbans* para reposição desses componentes é também realizada mais tarde, melhorando a eficácia da utilização de recursos e diminuição do WIP, pois não permite que uma operação inicie sem que a anterior esteja finalizada. Mantendo o rastreio informático da localização, tanto nos postos como nos supermercados dos artigos, o sistema consegue apoiar o trabalho de arrumação e a localização desses artigos.

Armazéns e Supermercados

No contexto dos modelos tradicionais de programação da produção baseados em *kanbans*, os conceitos de armazém e supermercado têm normalmente interpretações distintas. Os armazéns são locais de receção e armazenamento de artigos, enquanto que os supermercados, sendo também armazéns, têm regras de funcionamento e procedimentos associados à receção e entrega de artigos que apoiam a implementação do próprio modelo de programação tradicional com *kanbans*. Estes modelos podem utilizar vários tipos de supermercados que incluem procedimentos para definição do número de *kanbans*, sequenciação dos *kanbans* a serem produzidos, etc.

Do ponto de vista lógico, tanto as propriedades como as funcionalidades são muito semelhantes às definidas para os postos de trabalho. Naturalmente, em termos físicos, enquanto que os últimos são responsáveis pela execução de operações, as funções que são da responsabilidade dos armazéns incluem operações de armazenamento e disponibilização de artigos quando necessários.

Neste contexto, armazenamento significa a manutenção num espaço, em condições adequadas, e durante um determinado período de tempo, de um conjunto de artigos. Enquanto que, a disponibilização, correspondente à operação de *picking*, refere-se à identificação e separação de um conjunto de artigos

e respectivas quantidades, para que estes possam ser utilizados por outros recursos dentro ou fora da organização, ou então entregues a clientes que os solicitem.

Como já mencionado, o sistema utiliza os conceitos de KB e KM para autorizar a produção e requisição da movimentação de componentes para postos de trabalho, respetivamente. Durante a alocação de um KB a um posto de trabalho para a execução de uma operação, o sistema usa a informação existente na lista de materiais do artigo, representado no KB, para identificar os componentes necessários, e respectivas quantidades, e, assim, criar no armazém e/ou supermercado, responsáveis pelo armazenamento de cada um desses componentes, os respetivos KMs.

Estes são colocados na fila do posto do armazém ou supermercado para que se proceda à sua separação e, posterior movimentação para o posto de trabalho. Contudo, esta alocação dos KMs só se verifica se o sistema identificar a existência do componente na organização, ou seja, se o stock do respetivo componente for nulo, o KM não fica alocado à fila do armazém.

Depois de separados, os KMs (cheios) acompanham esses artigos no transporte para o posto destino e lá permanecem até que sejam consumidos.

Quando são emitidos os KMs, para retirar componentes dos armazéns ou supermercados, o sistema sugere sempre a forma como deve ser satisfeita essa autorização para movimentação, indicando a localização de onde devem ser retirados os volumes dos artigos a movimentar. Quem retira fisicamente os artigos e prepara o KM podem ser os responsáveis pelos armazéns, ou as entidades que a seguir os vão transportar para os postos.

O sistema GenSYS distingue vários tipos de armazéns, dentro de uma organização, uma vez que estes possuem características diferentes, embora, fisicamente realizem e desempenhem, basicamente, as mesmas operações.

1. Armazém da Referência

No sistema GenSYS existem os armazéns convencionais, que representam o armazém principal das referências, podendo armazenar matérias primas, semiacabados, ferramentas, produtos finais, entre outros. Quando alocado um KB a um determinado posto de trabalho, os devidos KMs são gerados no armazém dos componentes necessários à realização da operação e, após a sua separação é realizada a movimentação para o respetivo posto, através de um *milkrun* ou de forma automática – ver Figura 15.



Figura 15 – Logística Interna Convencional

2. Armazém de Picking

Um armazém de *picking* pode ser caracterizado como um supermercado, localizado perto de um posto, onde são armazenados determinados componentes necessários, com frequência, nesse mesmo posto. O posto é, então, abastecido por este supermercado e não diretamente pelo armazém de referência dos componentes (Figura 16).

Este tipo de armazém pressupõe a existência de um limite mínimo e máximo de *kanbans*, numa tentativa de reagir a eventuais flutuações da procura. Sempre que o posto solicitar a retirada de um *kanban* do armazém de *picking*, este deve ser reabastecido.

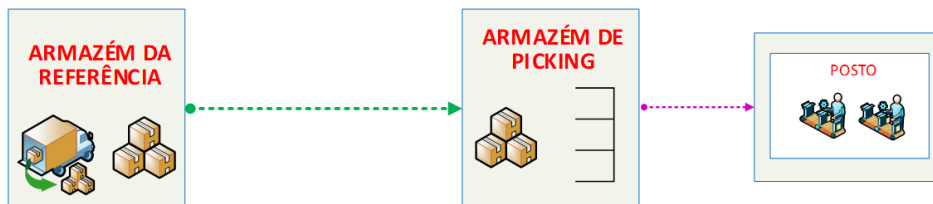


Figura 16 – Logística Interna com Armazém de Picking

3. Armazém WIP

Após a execução de uma operação num posto e quando o KB não pode ser movimentado para o posto seguinte, o lote de trabalho será movimentado para um armazém WIP (ou também denominado de secção do posto), onde será armazenado até a operação seguinte poder ser realizada e o respetivo KB alocado ao posto.

Dependendo da parametrização dos postos e das secções, os lotes podem ser armazenados na secção do posto, onde terminou o trabalho, ou na secção do posto seguinte, onde o trabalho será realizado em seguida (Figura 17).

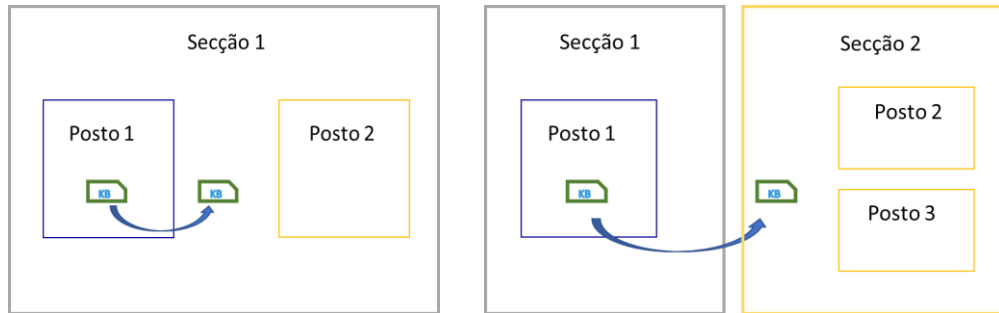


Figura 17 - Armazéns WIP ou secções

4. Armazém Distribuído

Um armazém distribuído é uma extensão do armazém principal das referências genéricas, com uma organização própria e onde podem ser armazenados os produtos semiacabados.

Estes armazéns podem ser criados por duas razões. Por um lado, quando o armazém da referência está localizado longe do posto de trabalho, cria-se um armazém distribuído para armazenar o produto até ser solicitada a sua necessidade no posto de trabalho (Figura 18).

Por outro lado, quando um artigo não tem um manuseamento fácil, no caso de ser demasiado pesado ou de ter grandes dimensões, pode-se criar um armazém distribuído perto do posto de trabalho onde o artigo será consumido.

Assim, os armazéns distribuídos estão localizados em pontos estratégicos no chão de fábrica, de forma a evitar a movimentação de artigos de grande envergadura para o armazém principal e permitir que esses artigos permaneçam junto ao posto que os executou.

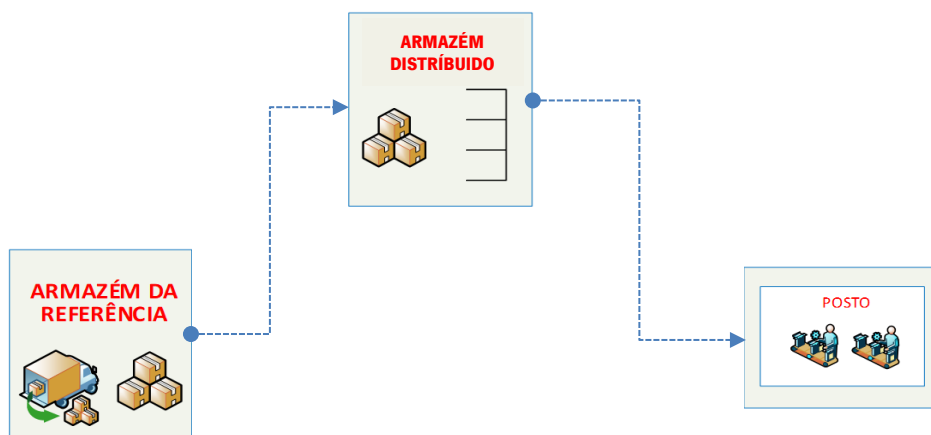


Figura 18 – Armazém Distribuído

4.2 Capacidades do Sistema na Organização do Armazém

Como visto na revisão de literatura, existem diversos trabalhos de investigação relacionados com a organização de um armazém. Muitas dessas pesquisas estão relacionadas com os seguintes problemas:

- **Organização Física:** este problema preocupa-se com a organização interna do armazém, de acordo com as diferentes áreas e fluxos existentes.
- **Planeamento e Sequenciação do *Picking*:** vários métodos têm vindo a ser propostos e desenvolvidos no que diz respeito a esta problemática, nomeadamente a nível de otimização de rotas.
- **Alocação de produtos às áreas de armazenamento:** esta questão diz respeito à organização dos produtos nas áreas de armazenamento, a fim de atingir uma utilização ideal do espaço e minimizar o tempo de separação dos produtos.

De entre os três problemas referidos, o último ponto é o foco principal do projeto e, o objetivo passa por perceber de que forma o sistema consegue refletir o modelo de funcionamento de um armazém, no que à alocação e organização dos artigos diz respeito.

Deste modo, a modelação de um armazém no sistema GenSYS caracteriza-se por três fatores hierárquicos: fila, posição e número de artigos diferentes.

1. Fila

Tal como o nome indica, a fila representa cada nível do sistema de armazenamento. O número de filas pode variar, de acordo com o sistema de armazenamento implementado no armazém. É suposto que cada fila obtenha uma codificação (alfanumérica), proposta pelo utilizador do sistema, como forma de identificação, importante no momento do armazenamento ou do *picking*. Além disso, permite escolher a cor que ficará associada a cada uma das filas, o que facilita a gestão visual na utilização da fila.

2. Posição

Dentro de cada fila, é possível indicar qual o número de posições existentes, isto é, quantos espaços é que a fila disponibiliza para armazenamento.

3. Nº Artigos Diferentes

O número de artigos diferentes diz respeito à quantidade de artigos distintos que é possível armazenar em cada fila.

A Figura 19 representa um simples exemplo de parametrização, no sistema, de uma estante fixa, em que apresenta cinco filas, cada uma com três posições de armazenamento. O número de artigos diferentes, em cada fila, depende do tipo de estratégia que o armazém aplica.

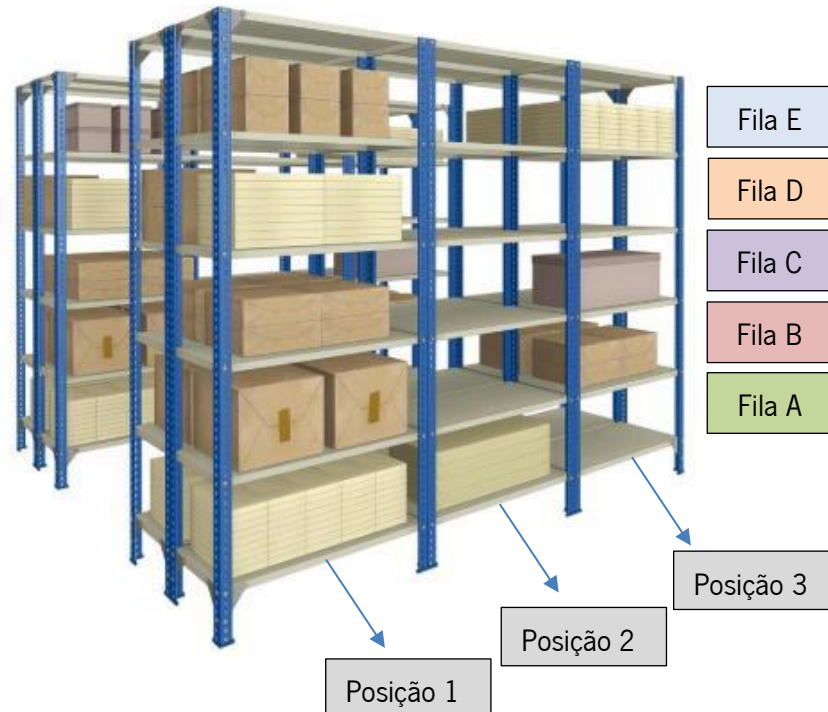


Figura 19 – Exemplo de parametrização de uma estante no sistema GenSYS

Por exemplo, se o número de posições for de três e o número de artigos diferentes igual a um, significa que, naquela fila apenas podem ser armazenados três artigos iguais. Contudo, mesmo que uma fila só possa ter uma referência, nada impede que, quando a mesma ficar vazia, nela não possa ser arrumada uma referência diferente daquela que lá havia estado.

No módulo GenPPC e relativamente à organização dos armazéns, o sistema é capaz de identificar todas as localizações, não sendo necessário espaços pré-definidos para cada artigo. Neste sentido, se a estratégia de armazenamento for aleatória, não é necessário definir os espaços para cada tipo ou grupo de artigos e o sistema sugere uma localização aleatória, no momento do armazenamento.

No entanto, é possível definir para cada artigo o local, ou os locais, do armazém destinados a cada um, através da definição de um sistema de codificação de filas (alfanumérico).

Assim, se a estratégia de armazenamento for dedicada é necessário definir para cada artigo a sua localização exata, no armazém. Para isso, no momento da parametrização de um armazém, o utilizador deve preencher os campos “Mínimo” e “Máximo” na “Dimensão dos Volumes” – ver Figura 21 -, atributo que permite determinar em que fila e posição as diferentes referências podem ser arrumadas num

armazém, o que irá permitir identificar quais as referências que podem ser arrumadas nas posições das filas. Se o valor “Mínimo” e “Máximo” for o mesmo, significa que só o artigo identificado pode ser arrumado naquela fila. Caso contrário, poderão ser arrumados na fila todos os artigos com dimensão física de volume entre o “Mínimo” e o “Máximo”. Por exemplo, uma fila onde possa ser arrumada da MP1 à MP3, também vai arrumar a MP2, uma vez que os artigos arrumados entre o mínimo e o máximo são organizados de forma alfanumérica.

Adicionalmente, o sistema permite indicar qual o tipo de organização pretendido, se FIFO (*first in, first out*), LIFO (*last in, first out*) ou FREE (livre). Para o primeiro paradigma, os primeiros artigos armazenados são os primeiros a serem separados, quando forem necessários. No segundo caso, os últimos artigos a serem armazenados são os primeiros a serem separados e retirados do stock (Figura 20). No último caso, o utilizador tem a possibilidade de escolher qual o artigo que vai retirar no momento da separação, independentemente da altura em que a referência chegou ao armazém.

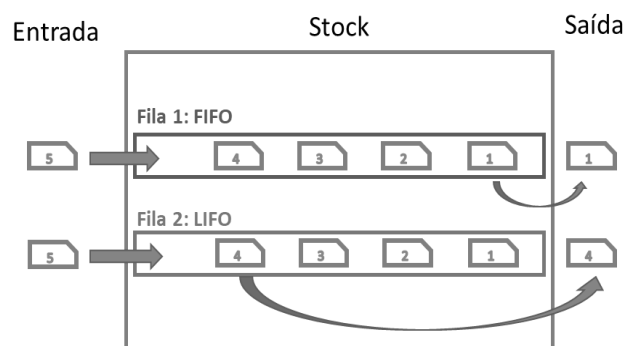


Figura 20 – FIFO vs LIFO

Por último, cada armazém ou supermercado tem uma zona de carga e descarga, onde ficam em espera artigos que ainda não foram arrumados na posição respetiva ou que já não estão arrumados e estão à espera de ser movimentados. Quando chegam ao armazém ou supermercado podem ser deixados na zona de cargas e descargas para que os responsáveis os arrumem seguindo as sugestões do sistema quanto à localização em que devem ser colocados. Alternativamente, pode ser a entidade responsável pelo transporte que, se essa for a política da organização, quando entrega artigos em armazém, arrume os mesmos nas posições corretas, de acordo com as sugestões do sistema.

A Figura 21 representa todos os campos de preenchimento no que respeita à organização de um armazém, no sistema GenSYS.

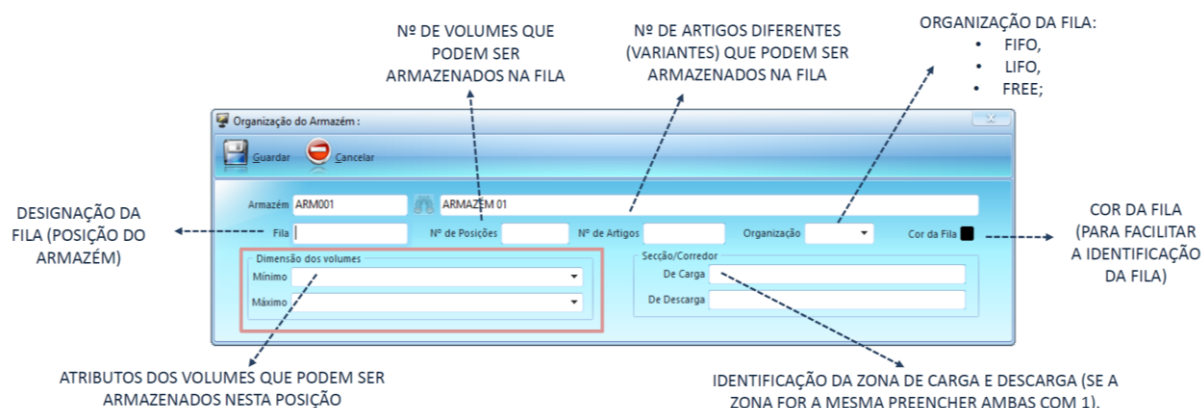


Figura 21 – Campos de Preenchimento de um Armazém, no sistema GenSYS

No exemplo da Figura 22 é possível visualizar todos os campos de parametrização de um armazém no sistema, em forma tabular, em que indica o código (alfanumérico) da fila, o nº de posições e o nº de artigo diferentes, que a fila pode armazenar. Mostra também o tipo de organização da fila, assim como a cor associada. Neste exemplo é possível observar que para um conjunto de filas, apenas um determinado grupo de referências podem ser armazenados nas mesmas. Por exemplo, as filas D1, D2, D3 e D4 apenas podem armazenar parafusos (*Screw*), enquanto que as filas C1, C2, C3 e C4 apenas armazenam materiais da família dos arames (*Wire*).

Fila	Nº de Posições	Organização	Nº Art. Dif.	Dim. Vol Mínimo	Maximo	Cor Fila	S.Carga	S.Descarga
D4	1	FIFO	1	Screw	Screw	Red	0	0
D3	1	FIFO	1	Screw	Screw	Gold	0	0
D2	1	FIFO	1	Screw	Screw	Red	0	0
D1	1	FIFO	1	Screw	Screw	Gold	0	0
C4	1	FIFO	1	Wire	Wire	Dark Red	0	0
C3	1	FIFO	1	Wire	Wire	Orange	0	0
C2	1	FIFO	1	Wire	Wire	Dark Red	0	0
C1	1	FIFO	1	Wire	Wire	Orange	0	0
B4	1	FIFO	1	Bezel	Bezel	Teal	0	0
B3	1	FIFO	1	Bezel	Bezel	Cyan	0	0
B2	1	FIFO	1	Bezel	Bezel	Teal	0	0
B1	1	FIFO	1	Bezel	Bezel	Cyan	0	0
A4	1	FIFO	1	Switch	Switch	Blue	0	0
A3	1	FIFO	1	Switch	Switch	Dark Blue	0	0
A2	1	FIFO	1	Switch	Switch	Blue	0	0
A1	1	FIFO	1	Switch	Switch	Dark Blue	0	0

Figura 22 – Exemplo de Parametrização de um Armazém, no sistema GenSYS

No que concerne à área funcional GenSFC, concretamente, no módulo Terminal, os colaboradores, responsáveis pelo armazém, conseguem aceder, através de um qualquer dispositivo, a toda a informação

que necessitam. Na Figura 23 é possível visualizar em que fila e posição é que uma determinada referência se localiza, assim como a quantidade existente.

Visualização das filas e posições do armazém								
Fila	Posição	Kanban	Referência	Descrição da referência	Variante	Volume	Total	UN
B4	1		MAG	MAGNÉSIO	TIPO: AM 60B;	1	30	KG
C1	1		QUÍMICOS	QUÍMICOS	TIPO: ISOCIANATO 134/16;	2	2,3695	KG
C2	1		QUÍMICOS	QUÍMICOS	TIPO: CORANTE PRETO;	1	2,233	KG
C3	1		QUÍMICOS	QUÍMICOS	TIPO: LACA 1;	1	1,045	KG
D3	1		PELE	PELE	VOLANTE: FORRADO; TIPO: CU 1; COR: PRETO;	1	50	UN
E1	1		FIO	FIO TÊXTIL	TIPO: Nº 40; COR: VERMELHO;	3	400	M
E1	2		FIO	FIO TÊXTIL	TIPO: Nº 40; COR: VERMELHO;	1	500	M

Figura 23 – Aspeto Visual das filas e posições de um Armazém, no módulo Terminal

A fim de permitir o controlo das quantidades em stock, cada movimento de stock (entrada ou saída) é registado, em tempo real, pelo sistema. Assim, sabe-se a cada momento o estado real do stock, de qualquer artigo em armazém.

A relação entre as quantidades reais em stock e as quantidades indicadas pelo sistema, dependem do rigor com que os movimentos são registados. Qualquer erro de introdução dos dados ou movimentos, traduzir-se-á numa disparidade entre a realidade e as quantidades indicadas pelo sistema. Para uma gestão rigorosa, é indispensável restringir o acesso aos armazéns às pessoas autorizadas.

Contudo, e para corrigir possíveis erros de stock, no módulo GenPPC é possível criar entradas iniciais de artigos em armazém, bem como fazer a sua manutenção, ou seja, aumentar ou diminuir a quantidade de um determinado artigo, ao longo do tempo.

A Figura 24 representa o aspeto do Terminal de um determinado armazém, ao qual o colaborador tem acesso. De entre as funcionalidade existentes, destacam-se as opções “Arrumar”, “Visualizar” e “Trocar Fila”.

A opção “Arrumar” indica as referências que foram descarregadas em armazém, mas que ainda não possuem fila e posição, e, por isso, encontram-se em “unload”. Se o fiel de armazém as pretender arrumar, é o sistema GenSYS que sugere a fila e a posição do armazém.

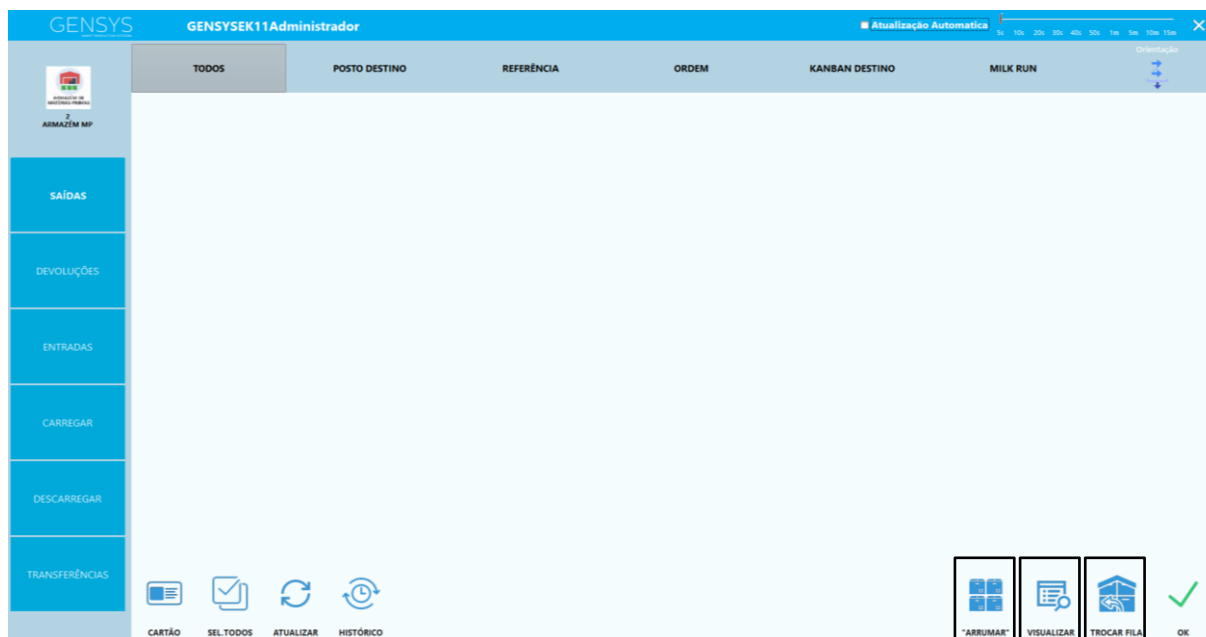


Figura 24 – Aspecto Visual do Terminal de um Armazém

Outra característica importante é a capacidade de “Visualizar”, em tempo real, todas as referências que possui em stock, assim com a sua localização e respetiva quantidade. Se o artigo não estiver arrumado numa fila, o sistema classifica esse stock na fila “Unload” e com posição zero – Figura 25.

Visualização das filas e posições do armazém								
Fila	Posição	Kanban	Referência	Descrição da referência	Variante	Volume	Total	UN
A1	1		SWITCHES	SWITCHES	ARMADURA: BMW (MODELO B);FUNÇÕES: KIT1 - SYNC;LADO: ESQUERDO;	1	50	UN
B3	1		MOLDURA	MOLDURA	ARMADURA: BMW (MODELO B);MARCA: BMW;	1	50	UN
C3	1		CABOS	CABLAGEM	ARMADURA: BMW (MODELO B);TIPO-SWITCH: SYNC + ASLD;	1	50	UN
D1	1		PARAFUSOS	PARAFUSOS	TIPO: OVAL;TAMANHO: 3,5x20mm;ACABAMENTO: PRETO;	1	400	UN
D2	1	3	PARAFUSOS	PARAFUSOS	TIPO: OVAL;TAMANHO: 3,5x20mm;ACABAMENTO: PRETO;	1	1000	UN
Unload	0		SWITCHES	SWITCHES	ARMADURA: BMW (MODELO B);FUNÇÕES: KIT2 - SYNC + ASLD;LADO: ESQUERDO;	1	50	UN
Unload	0		SWITCHES	SWITCHES	ARMADURA: BMW (MODELO B);FUNÇÕES: KIT2 - SYNC + ASLD;LADO: DIREITO;	1	50	UN

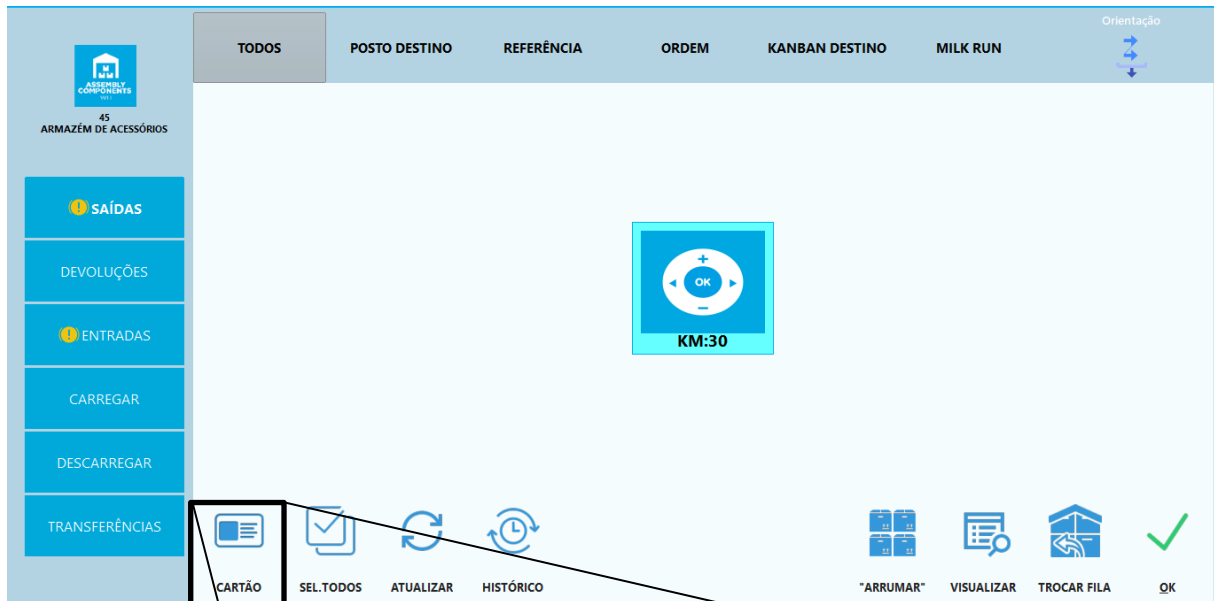
Figura 25 – “Visualizar” no Terminal de um Armazém

Outra particularidade do sistema é a liberdade que oferece, caso o colaborador pretenda “Trocar Fila” de uma determinada referência (Figura 26). Ao trocar fila, o número de posições de cada fila deve ser respeitado.

Troca de filas e posições do armazém											
Fila	Posição	Nova Fila	Armazém	Entrada	Referência	Descrição da referência	Variante	Kanban	Volume	Total	UN
0001	1	0003	- ARM001	2	MP1	MATERIA-PRIMA 1	PARAMETRO 1: 1;PARAMETRO 4: ABC;		3	10	UN
0001	2	0002	- ARM001	2	MP1	MATERIA-PRIMA 1	PARAMETRO 1: 1;PARAMETRO 4: ABC;		4	10	UN
0001	3		- ARM001	2	MP1	MATERIA-PRIMA 1	PARAMETRO 1: 1;PARAMETRO 4: ABC;		5	10	UN
0003	1		- ARM001	2	MP1	MATERIA-PRIMA 1	PARAMETRO 1: 1;PARAMETRO 4: ABC;		1	10	UN
0003	2		- ARM001	2	MP1	MATERIA-PRIMA 1	PARAMETRO 1: 1;PARAMETRO 4: ABC;		2	10	UN
Unload	0		- ARM001	3	MP2	MATERIA-PRIMA 2	PARAMETRO 2: A;		1	10	UN
Unload	0		- ARM001	3	MP2	MATERIA-PRIMA 2	PARAMETRO 2: A;		2	10	UN
Unload	0		- ARM001	3	MP2	MATERIA-PRIMA 2	PARAMETRO 2: A;		3	10	UN

Figura 26 – Opção “Trocar Fila” de uma Referência

Caso o fiel do armazém seja o responsável pelo *picking*, é no Terminal que o mesmo realiza a operação. Na Figura 27 encontra-se representado um KM (KM:30) pronto a ser separado. Como visto anteriormente, este “cartão” disponibiliza a informação necessária ao colaborador no momento da separação, como por exemplo, a referência, a quantidade necessária, a ordem de produção na qual o material irá ser utilizado, assim como o posto de trabalho ao qual se destina.





KM: 30

VOLUME: 1

QUANTIDADE: 50 UN

REFERÊNCIA: SWITCHES - SWITCHES

VARIANTE: 00003

POSTO DESTINO: 16

LOTE:

ORDEM PRODUÇÃO: 1

Figura 27 – Visualização de um KM no Terminal do Armazém

Quando são emitidos KMs para retirar componentes dos armazéns ou supermercados, o sistema sugere sempre a forma como deve ser satisfeita essa autorização para movimentação, indicando a localização (fila e posição) de onde devem ser retirados os volumes dos artigos a movimentar. Por exemplo, na Figura 28, é possível perceber que o *picking* deve ser feita na fila A04, na posição 3.

FILAS												
Posições da fila no armazém ARMAZÉM MAD CORTADA												
A04		Posição	Kanban	Ordem Prog.	Referência	Variante	Volume	Lote	Entrada	Saldo	Ordem Prod.	Container
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	8	26	MADCRT - MADEIRA CORTADA	TIPO MADEIRA: CARVALHO; ESPESSURA: 20 MM; COMPRIMENTO: 360; LARGURA: 330;	1	1	0	100	147	

Figura 28 – Representação da fila e da posição da referência a ser separada

4.3 Metodologia

Dada a complexidade, diversidade e variabilidade de características e comportamentos de um armazém, a metodologia proposta deve ser vista como um conjunto de etapas, que englobam várias atividades e decisões, de cariz estratégico, tático e operacional, e o seu principal objetivo passa por auxiliar uma organização industrial a potenciar a organização de qualquer armazém, com o suporte do sistema GenSYS.

De salientar que, se todos os armazéns devem ser concebidos para desempenhar funções de forma racional e económica, é evidente que devem ser adaptados à natureza dos produtos e operações que nele se realizam. Por exemplo, a arrumação será, completamente, diferente consoante as particularidades dos artigos armazenados e, deste modo, torna-se difícil enunciar regras específicas e aplicáveis a todos os armazéns. Não obstante, certos princípios gerais são válidos, em todos os casos, mas devem ser adaptados às características de cada situação.

Para Wu (2012), uma metodologia não oferece soluções para problemas específicos, contudo sugere ferramentas a serem utilizadas nas diferentes fases de um projeto, como forma de orientação, com o objetivo de reduzir o tempo e o esforço na tomada de decisão. Acrescenta ainda que uma metodologia, no âmbito do desenvolvimento de sistemas de informação, define-se como um conjunto de procedimentos, técnicas, ferramentas e documentação que ajudam no seu desenvolvimento e implementação.

Para a implementação da seguinte metodologia parte-se da premissa que o armazém, ou armazéns já existem, no seio da organização. Contudo, a implementação do sistema pode impulsionar a criação de outros armazéns ou a mudanças nos já existentes. De facto, Ramaa *et al.* (2012) referem que sem efetuar mudanças nos processos e no sistema de armazenamento, a implementação de um sistema de gestão do armazém não conduz à redução de custos nem a melhorias na eficiência do mesmo, apenas reduz o número de erros causados por fatores humanos.

Assim, com o propósito de reforçar a organização de um armazém, nomeadamente a nível interno, a seguinte metodologia foi delineada.

1. Análise da Situação

Numa primeira etapa, será fundamental analisar a situação atual do modelo logístico da organização e perceber que mudanças é que devem ser efetuadas, como tentativa de melhorar o seu desempenho. Devem ser identificados possíveis obstáculos e constrangimentos, que possam ocorrer tanto em ambiente real, como a nível do sistema.

1.1. Recolha de Dados

Inicialmente, deve ser realizado um levantamento conciso de todas as áreas de armazenamento, dentro da organização, sejam elas de matérias-primas, consumíveis, ferramentas, semiacabados ou produtos finais.

Outros dados e informações relativas à complexidade de cada armazém também são relevantes, nomeadamente:

- A tipologia do armazém;
- O layout e tamanho do armazém, assim como o número de colaboradores que nele operam;
- Os equipamentos de movimentação, manuseamento, arrumação e separação dos produtos;
- Os tipos de produtos armazenados e processados por cada armazém;
- A possibilidade de características especiais de armazenamento de determinados produtos;
- Comportamentos dos processos, como a receção e/ou expedição de material, caso se aplique.

Por exemplo, para o sistema GenSYS um dado relevante é o “Armazém do Artigo”, que identifica o armazém que está definido para armazenamento e disponibilização de cada artigo, seja matéria-prima, consumíveis, semiacabados ou produtos acabados. Do mesmo modo, deve ser identificado o armazém de *picking* de cada artigo, que reconhece o armazém onde o componente está armazenado imediatamente antes de ser movimentado para o posto onde será consumido, caso exista.

1.2. Análise de Dados

Depois da obtenção dos dados é necessário analisá-los. Nesta etapa é importante definir e distinguir os vários tipos de armazéns existentes, assim como as diferentes secções do *shop floor*. Esta distinção é importante, porque pode diferenciar, por exemplo, um armazém de um supermercado.

É importante traçar o perfil de pedidos ou encomendas, o perfil do inventário (perceber se, por exemplo, faz sentido aplicar o método ABC), se existe sazonalidade nos produtos ou entender certas relações de similaridade entre eles, como forma de planear a melhor estratégia de armazenamento.

Dado que o foco principal da metodologia é a arrumação, é importante analisar três fatores decisivos no que concerne à operação:

1. A quantidade de inventário que é necessário manter, no armazém, por cada SKU;
2. A frequência e altura em que o stock, de cada SKU, deve ser reabastecido;
3. A localização, de cada SKU, no armazém e a forma como é distribuída e movimentada ao longo das restantes áreas.

As duas primeiras decisões vão ao encontro dos atributos existente no sistema GenSYS, como o tamanho de lote de planeamento e o stock de segurança. Este tipo de decisões correspondem, essencialmente, ao controlo de stocks e o principal objetivo é que haja um equilíbrio entre a capacidade de resposta da organização e a eficiência da mesma, uma vez que o aumento dos níveis de stock permitem que a cadeia de abastecimento responda mais rápido às necessidades de produção e dos clientes, assim como à redução dos custos de produção e transporte, devido ao aproveitamento das economias de escala. Contudo, o aumento do stock conduz a um aumento significativo dos custos de posse. No caso de se tratar de um supermercado, é necessário determinar um limite mínimo e máximo, recorrendo a dados históricos de vendas ou ao comportamento da procura, tendo em conta determinados fatores, como por exemplo o tempo de reabastecimento, sendo este o tempo necessário para reabastecimento do supermercado, sem quebras de stock, assim que uma determinada referência começa a ser puxada. A terceira questão é o foco da metodologia e inclui um conjunto de decisões importantes consideradas de seguida.

2. Definição da unidade do artigo, de armazenamento e de movimentação

Nesta etapa é importante definir uma estrutura de unidades de medida para processar uma determinada referência no sistema. Uma estrutura de unidade de medida descreve a relação entre a menor unidade de medida e as unidades de medida maiores, como por exemplo, unidades para caixas ou caixas para paletes. Esta estrutura terá impacto direto no *picking*, na entrada em armazém e no reabastecimento. No momento da criação de uma referência no sistema, é obrigatório definir a sua unidade de medida principal, como por exemplo, unidade, quilograma, litro, etc.

A unidade de armazenamento ou embalagem corresponde à unidade de quantidade existente numa embalagem normal de abastecimento, por exemplo, um barril de 50 litros ou caixas com 50 peças. Este tipo de informação é importante, por exemplo, no momento da entrada de stock em armazém, uma vez que esta poderá ser realizada em volumes, sendo importante definir valores para os atributos Registo Volume de Fornecedores e Quantidade por Volume. Ou, até mesmo, na arrumação, pois pode definir a posição no sistema de armazenamento, em que cada caixa corresponde a uma posição da fila.

Consoante a natureza dos artigos e o género de atividades da organização, a unidade de movimentação pode ser de vários tipos, como por exemplo, palete, caixa, saco, *container*, produto singular, etc.

Com esta etapa pretende-se:

- *Standardizar* processos e operações realizados no armazém.
- Manusear maior quantidade e minimizar a frequência de deslocações.

- Melhorar o uso do espaço de armazenamento.
- Usar equipamento *standard*, quer de movimentação, quer de armazenamento.
- Reduzir tempos de carga e descarga.
- Minimizar o risco de danificar o produto.

3. Análise ao Sistema de Armazenamento

Esta fase pretende dotar o armazém de equipamentos e espaços dedicados e apropriados aos vários materiais ou produtos que nele são manuseados e armazenados. Por exemplo, partes automatizadas, semi-automatizadas, zonas com *racks* que comportam armazenamento paletizado *standard* ou áreas que permitam o armazenamento manual, sempre que seja caso disso.

Como visto na revisão bibliográfica, existem diversos fatores a ter conta no momento da escolha do sistema de armazenamento. As características físicas dos produtos a armazenar (tamanho, forma, peso) e os equipamentos necessários para recolha e movimentação representam alguns aspetos a ter em consideração.

O custo das instalações também possuem grande expressão na decisão e nos custos totais da empresa, por isso há que ter em atenção a utilização do espaço, com o máximo de eficiência possível, e considerar que:

- O stock obsoleto não deve ser mantido.
- Deve-se diminuir ao máximo o stock, sem nunca por em causa o serviço ao cliente.
- Pode ser utilizado o espaço do chão e aproveitar, ao máximo, a altura do edifício.
- Devem ser escolhidos sistemas de armazenamento que minimizem o espaço necessário.

A escolha ou a alteração do sistema de armazenamento mais adequado, consome muitos recursos, incluindo tempo e dinheiro. Por essa razão, só deve ser feito se, realmente, conduzir a melhorias significativas no desempenho do armazém.

Depois de realizadas as possíveis alterações ao sistema de armazenamento, pretende-se definir o que representam a fila e a posição no sistema. Como forma de tornar o armazém mais organizado e visual, a codificação e a cor das filas são aspetos a ter conta, nesta fase.

4. Seleção da Estratégia de Alocação e Método de Organização de cada Armazém

As operações típicas de um armazém, as infraestruturas físicas de armazenamento, e as suas características, já são conhecidas no momento do planeamento da estratégia de armazenamento.

Quanto à alocação de produtos à área de armazenamento, esta depende de variados fatores e constrangimentos. Por exemplo, a obrigatoriedade de estar alocados a locais específicos no armazém ou

as condições ambientais, como o calor, frio, humidade, poeiras ou luz solar. A nível de incompatibilidade de produtos, alguns poderão ter de ser armazenados de forma distanciada em relação aos restantes ou até questões relacionadas com o volume dos produtos que podem, igualmente, levantar algumas limitações.

Deste modo, é importante definir qual a estratégia de armazenamento que a organização pretende implementar para cada armazém. De entre as opções apresentadas na revisão bibliográfica, o sistema GenSYS é capaz de aplicar tanto o método de alocação aleatória, como a alocação dedicada.

Quando estas duas estratégias de armazenamento são comparadas na literatura, geralmente surge um *trade-off* entre a eficiência da separação e a exigência de espaço necessário. A alocação dedicada surge como a forma mais eficiente em termos de poupança de tempo no momento da separação de materiais do armazém, enquanto que a alocação aleatória tende a minimizar o espaço necessário para armazenamento.

O armazenamento dedicado requer um espaço amplo porque, por exemplo, a reserva de um local para um determinado tipo de produto deve ser mantida, mesmo se este artigo estiver, temporariamente, com stock nulo. Por outro lado, com o armazenamento aleatório, sempre que um local de armazenamento ficar vazio, este pode ser preenchido por outro artigo qualquer. Para além disso, o armazenamento aleatório fornece uma alocação mais compacta, ou seja, os itens ficam alocados mais próximos uns dos outros, o que resulta em deslocamentos mais curtos, no momento da separação.

Se a estratégia de armazenamento passar por critérios mais específicos, como a divisão dos produtos em classes, baseado no *turnover* ou por famílias, estas envolvem um trabalho externo, pois o sistema não confere essa capacidade de diferenciação entre produtos, uma vez que é necessário recorrer a dados históricos relacionados com a procura, movimentos, etc.

A escolha da estratégia de armazenamento a implementar é, por isso, uma decisão de nível estratégico, pois possui um impacto a longo prazo, contudo a sua implementação pode ser considerada uma decisão de grau operacional (Gu et al., 2007).

De uma forma evidente, o sistema não oferece a melhor solução de implementação, apenas se rege pela informação que lhe fornecem, logo a seleção da estratégia a implementar deve ser feita com base nos objetivos que a organização pretende atingir. Contudo, existem alguns métodos que permitem obter a melhor solução, como por exemplo, a abordagem de simulação, correlação estatística, *clustering*, algoritmos de otimização e genéticos ou meta heurísticas (Ballesteros-Riveros et al., 2019).

Quanto ao método de organização, o sistema oferece as opções FIFO, LIFO e FREE. A organização terá de analisar qual o melhor método a implementar, tendo em conta fatores como as características dos

produtos, por exemplo, a nível da sua deterioração, ou do sistema de armazenamento existente, uma vez que alguns sistemas apenas permitem a implementação de um dos métodos, como indicado na revisão bibliográfica.

5. *Picking*: Seleção do Sistema de *Picking* e *Modus Operandi*

No que respeita à operação de *picking*, a seleção do melhor método é uma decisão de âmbito estratégico, pois possui um grande impacto noutra tipo de decisões, tanto a nível do *design* como da operacionalidade do armazém (Gu et al., 2007).

Uma das decisões de natureza operacional, e importante para o sistema, será identificar quem retira fisicamente os artigos e prepara o KM, uma vez que podem ser os responsáveis pelos armazéns, ou as entidades que os vão transportar para os postos de trabalho (*milkrun*).

A organização e o planeamento desta operação terá que responder a algumas questões, nomeadamente:

- O produto será transportado até ao *picker* (*parts-to-picker*) ou será o *picker* a deslocar-se até ao local onde o produto está armazenado (*picker-to-parts*)?
- Os pedidos serão efetuados em ondas? Se sim, quantas e em que duração?
- O armazém será dividido em zonas? Se sim, quais são essas zonas e quais os *pickers* responsáveis por cada zona?
- Os pedidos serão efetuados em lotes ou em separado? Se for em lotes, serão separados no momento ou depois do *picking*?

Todas estas questões estão, inerentemente, relacionadas com diversos fatores, tais como, o sistema de armazenamento implementado, do tipo e da capacidade dos equipamentos de movimentação, da estratégia de armazenamento e do método de organização do armazém.

Considerações Finais

Uma das principais considerações que foi possível retirar da metodologia apresentada foi que a maioria das suas etapas não devem ser vistas de forma isolada, uma vez que todas elas estão relacionadas e todas têm interferências umas nas outras.

Adicionalmente, pode haver algum debate sobre as fases precisas e a sequência das mesmas, já que toda a metodologia pode ser vista como um processo iterativo, em vez de sequencial.

Assim, as seguintes conclusões foram retiradas:

- O processo de *design* do armazém e o planeamento das suas operações é um processo altamente complexo;

- Todas as etapas estão relacionadas e um certo grau de iteração é sempre necessário;
- Pode não ser possível identificar qual é a solução “ótima”, devido ao número elevado de possibilidades que existem em cada estágio.

Contudo, um dos fatores determinantes será traçar um conjunto de requisitos e objetivos a alcançar, de acordo com as necessidades de cada organização e de cada armazém.

5. EXEMPLOS PRÁTICOS

Neste capítulo serão apresentados dois exemplos práticos, referentes a tipos de indústria distintos, em que a aplicação do sistema GenSYS contribui para melhoria da organização e controlo dos armazéns das respetivas organizações.

Inicialmente, será dada uma breve contextualização das empresas, e, posteriormente, apresentado um conjunto de armazéns onde o sistema *GenSYS* está em funcionamento, com o intuito de mostrar as suas funcionalidades em ambiente real.

5.1 Exemplo de Aplicação do Sistema GenSYS – Empresa de Aquários

O primeiro caso de estudo é referente a uma empresa de produção de aquários, localizada no concelho de Guimarães.

Dada a diversidade de matérias primas existentes na empresa, esta decidiu estruturar as suas unidades de armazenamento de acordo com a tipologia da matéria-prima. Destacam-se, por exemplo, o armazém do vidro, de material elétrico, serralharia, equipamentos diversos, etc. Contudo, o exemplo prático foca-se em apenas um armazém da empresa, mais concretamente o armazém de plásticos (ARM PL).

O ARM PL, da empresa em questão, pode armazenar mais de 500 referências, em que cada uma pode apresentar uma cor de entre as 50 existentes, o que perfaz um total de mais de 25000 combinações possíveis.

O estado inicial do sistema de armazenamento compreendia aproximadamente seis *racks* ajustáveis, com quatro níveis de altura e não possuía qualquer tipo de estratégia e organização quanto à alocação dos produtos.

Com o a implementação do sistema GenSYS, algumas mudanças tiveram que ser realizadas no armazém, nomeadamente a nível da arrumação.

Uma das alterações iniciais foi a introdução de caixas (Figura 29) capazes de facilitar tanto a arrumação, como a separação e a movimentação do material.



Figura 29 – Unidade de Armazenamento e Movimentação implementada

O sistema de armazenamento manteve-se o mesmo, ou seja, a rack ajustável com um nível de profundidade, capaz de armazenar uma paleta. Cada rack continuava a possuir quatro níveis, em altura, sendo que o último nível apenas continha *containers*, de maiores dimensões e pouco movimentados/utilizados, enquanto que todos os outros armazenavam paletes com, no máximo, oito caixas cada (ver Figura 30), em que cada uma continha apenas uma cor.

A codificação das filas foi baseada na rack, divisória, nível e posição da referência – ver exemplo da Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo de Codificação de uma fila do Armazém

01	N01	A	A
Divisória da Rack	Nível	Posição	Rack

Quanto à representação das filas e posições no sistema, decidiu-se que cada fila iria representar uma posição do armazém e cada posição representava o número de caixas armazenadas na paleta.



Figura 30 – Armazém de Plásticos

Outra das alterações efetuadas foi na estratégia de armazenamento. O método de armazenamento passou a ser baseado na rotatividade dos produtos, sendo que cada nível da *rack* podia armazenar produtos de alta, média e baixa rotação, sendo que o primeiro nível suporta produtos de alta rotação, por questões óbvias de acessibilidade (ver Figura 31). Este método foi implementado recorrendo à quantidade de movimentos que cada referência efetuou nos dois anos antecedentes à implementação

do sistema. O stock de segurança de cada produto do armazém varia consoante o tipo de plástico e a sua cor. Os valores deste atributo variam entre 50 e 1000 unidades, sendo que produtos com alta rotação teriam maior stock de segurança.

04.N03.C	04.N03.B	04.N03.A	03.N03.C	03.N03.B	03.N03.A
ARTIGOS BAIXA ROTAÇÃO					
04.N02.C	04.N02.B	04.N02.A	03.N02.C	03.N02.B	03.N02.A
ARTIGOS MEDIA ROTAÇÃO					
04.N01.C	04.N01.B	04.N01.A	03.N01.C	03.N01.B	03.N01.A
ARTIGOS GRANDE ROTAÇÃO					

Figura 31 – Esquema de representação de alocação dos produtos no armazém

Com a implementação do sistema GenSYS, a empresa conseguiu atingir melhores resultados na organização e no controlo do armazém de plásticos. Além de uma clara melhoria no controlo de stocks, na fluidez de informação e nas operações logísticas, com a reestruturação e reorganização do armazém, foi possível reduzir, substancialmente, o espaço necessário para armazenar todos os produtos.

5.2 Exemplo de Aplicação do Sistema GenSYS – Empresa Metalomecânica

Este segundo exemplo é referente a uma empresa metalomecânica, Pinto Brasil, que se dedica ao desenvolvimento de soluções industriais para satisfazer as necessidades dos seus clientes. Especializada em metalomecânica, orientada para a indústria aeronáutica e automóvel, a empresa desenrola-se desde a conceção e desenvolvimento, à fabricação e assistência pós-venda e abrange inúmeras possibilidades de soluções industriais, tais como sistemas de produção, de logística, customizados e *lean*, procurando desta forma corresponder às necessidades específicas dos seus clientes.

A Pinto Brasil dispõe de várias áreas de armazenamento, dispersas pelos diferentes setores da empresa, entre as quais, o armazém de matérias primas, onde é armazenado, sobretudo, chapa de alumínio e tubo, e vários armazéns WIP, localizados próximos dos postos de trabalho.

Contudo, neste exemplo prático, será dado destaque a um conjunto de armazéns de peças e componentes, que abastecem os diversos postos de trabalho da empresa. A esta área de armazenagem denominaram **Armazém Geral**.

Em termos de recursos humanos, trabalham cinco pessoas diariamente no armazém, sendo que dois deles desempenham funções relacionadas com a receção e expedição, enquanto que os restantes realizam operações de arrumação e *picking* de pedidos.

O *layout* do Armazém Geral está dividido em três armazéns:

- Armazém Geral (piso 1)
- Armazém Produto Acabado e Semiacabado ou PA&SA (piso 2)
- Kardex (piso 1)

Armazéns Manuais

O Armazém Geral e o Armazém PA&SA estão organizados por estanteria em caixas, para pequenos produtos, *racks* convencionais ou ajustáveis e *racks cantilever*, para produtos compridos, como fio ou tubo. Possui ainda corredores para movimentação de cargas e pessoas, áreas de *picking* e de pesagem. O Armazém Geral caracteriza-se por ser o armazém central, onde são armazenados a maioria dos componentes que abastecem a fábrica, contendo 4 racks ajustáveis, com 4 corredores de passagem, áreas de pesagem e de *picking*.

O Armazém PA&SA caracteriza-se, sobretudo, pelo armazenamento de componentes (cerca de 250 referências) necessários a uma secção específica da empresa – Forquilhas. Como todos os componentes são de pequena dimensão, estes são armazenados em caixas, devidamente identificadas e com uma disposição lógica.

O método de armazenamento que a empresa utiliza, nestes dois armazéns, é o agrupamento em famílias, uma vez que muitos são separados ao mesmo tempo, por possuírem um determinado grau de complementaridade. Neste caso, é perfeitamente notória a divisão entre produtos, entre as quais, destacam-se as famílias dos parafusos, porcas, anilhas, pinos e corpos quadrados.

A Figura 32 retrata o layout dos dois armazéns em estudo, sendo que, no sistema GenSYS, a codificação das localizações identifica o lado da estante (A), a coluna da estante (1) e a prateleira da estante (a) – por exemplo: A1a. Posteriormente, e apenas mediante necessidade, poderia ser acrescentado mais um carácter numérico ao código para identificar posições na prateleira - exemplo: A1a1.



Figura 32 – Layout do Armazém Geral e do Armazém PA&SA

Armazém Automático - Kardex

O sistema de armazenamento *Kardex* - Figura 33 - é um armazém em carrossel vertical, que armazena artigos não paletizados e de pequeno volume. É um sistema adaptável ao espaço, ocupando uma área reduzida, e proporciona um volume de armazenamento bastante elevado. Contém 60 gavetas e cada uma delas pode ser configurada com partições, divisórias, caixas, recipientes ou acessórios especiais para atender às suas necessidades exatas de armazenamento, adaptando-se perfeitamente às dimensões dos produtos armazenados, garantindo a densidade máxima de armazenamento e a melhor organização. Para além disso, o sistema ainda possui opções adicionais e pode ser facilmente modificado

para atender a uma ampla gama de requisitos, como, por exemplo, para armazenar mercadorias em unidades com ar condicionado ou em condições de sala limpa.



Figura 33 - Kardex

Como ilustrado na Figura 34, o sistema caracteriza-se pelo método *parts-to-picker*, ou seja, são os produtos que se deslocam até ao colaborador, e também facilita o *picking* por lotes, pois permite que o operador realize múltiplas ordens de cada vez, aumentando significativamente a sua produtividade.

Este tipo de armazém possui, ainda, indicações óticas, como *Pick-to-Light* e *Put-to-Light*, o que permite indicar, ao operador, a localização exata do *picking* e arrumação, respetivamente, aumentando a precisão e redução do número de erros.

O sistema de gestão do armazém *Kardex* concede um aspeto visual de cada prateleira, com indicação de posições livres/disponíveis ou vazias, o que permite realizar uma gestão mais eficiente das localizações. O mesmo pode ser implementado como solução independente, ou integrado com o outros WMS ou ERP. Contudo, até ao momento, ainda não foi desenvolvida nenhuma integração do sistema GenSYS, com o sistema utilizado pelo *Kardex*.



Figura 34 - Sistema de Picking no Kardex

Para além dos três armazéns identificados, destaca-se ainda uma Zona de Saída de Material para outros setores da fábrica, designada **Saída Armazém Geral** (zona sinalizada a verde, na Figura 35).

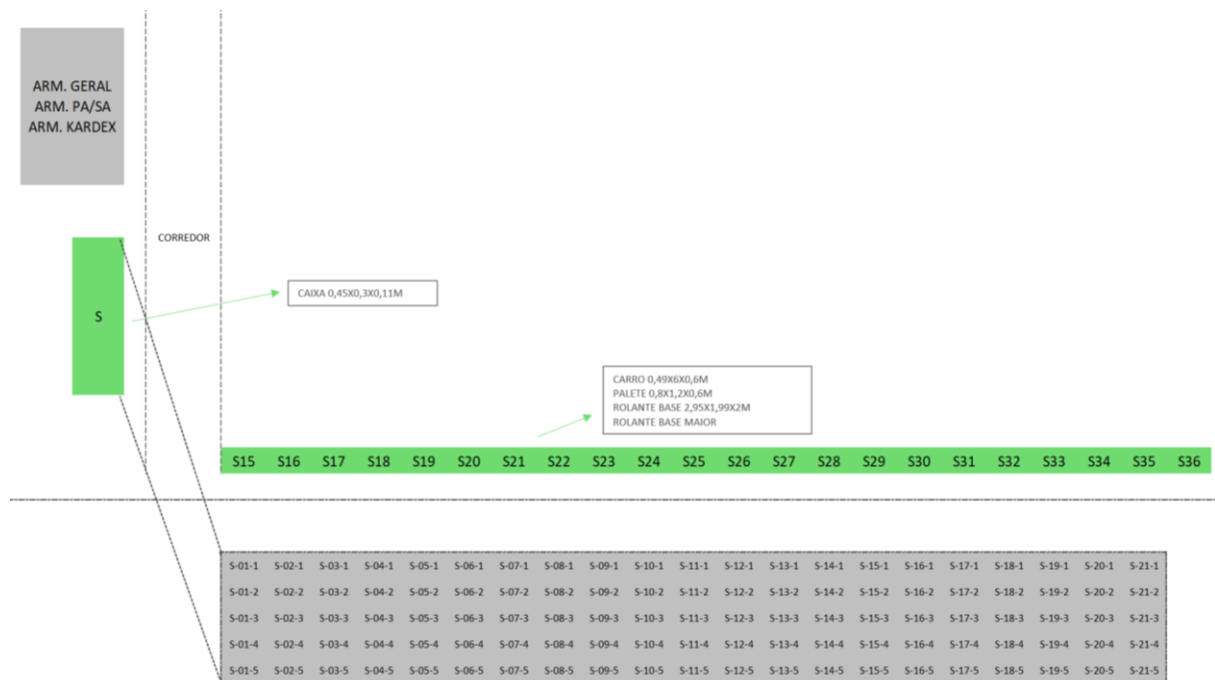


Figura 35 - Layout da Saída Armazém Geral

A Saída Armazém Geral corresponde a um armazém intermédio e serve para armazenar material que foi separado dos três armazéns mencionados. Ou seja, depois do responsável pelo *picking* de pedidos ter realizado a separação dos componentes necessários, conforme as indicações do KM, para um saco, caixa ou palete, este coloca no armazém de saída para, posteriormente, ser movimentado, pelo *milkrun* responsável, até ao posto de trabalho para o qual se destina.

Este armazém encontra-se dividido em duas áreas, com sistema de armazenamento distintos. Enquanto que a área, assinalada com a letra S, possui um sistema de armazenamento com três estantes, com cinco prateleiras cada e sete divisórias em cada prateleira, destinada a produtos de pequena dimensão que podem ser colocados em **caixas**, a área, assinalada entre S15 e S36, na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, representa o espaço de armazenamento destinado a materiais de maiores dimensões, que não podem ser armazenados em caixa. Os produtos armazenados, temporariamente, neste espaço são colocados em **carros, paletes, rolantes base ou rolantes de base maior.**

Na Tabela 2 é possível identificar a parametrização do armazém intermédio, no sistema GenSYS, sendo que da fila S-01-1 até à fila S-21-5, apenas são colocados produtos em que a sua unidade movimentação é a caixa. Ou seja, para as referências, em que o atributo Dimensão Física do Volume contenha o valor

“CAIXA”, apenas podem ser colocadas nesta rack fixa. Além disso, cada fila compreende 5 posições, podendo incluir 5 artigos diferentes.

Da fila S15 à fila S32, apenas podem ser colocadas referências de produtos que possuam como valor do atributo Dimensão Física do Volume valores entre o “CARRO” e o “ROLANTE BASE MAIOR”. Como os artigos arrumados entre o mínimo e o máximo são organizados de forma alfanumérica, todos os valores compreendidos entre estes, também estão incluídos.

Tabela 2 – Parametrização da Organização da Saída Armazém Geral, no sistema GenSYS

Fila	Nº Posições	Nº Artigos Diferentes	Dim. Volume Mínima	Dim. Volume Máxima	Cor da Fila	Sec. Carga	Sec. Descarga
S-01-1	5	5	CAIXA	CAIXA		1	1
...							
S-21-5	5	5	CAIXA	CAIXA		1	1
S15	5	5	CARRO	ROLANTE BASE MAIOR		1	1
...							
S32	5	5	CARRO	ROLANTE BASE MAIOR		1	1

Este tipo de organização do Armazém Saída Geral facilitou o trabalho tanto do *picker*, como do *milkrun*. A partir do momento em que o sistema sugeria, ao *picker*, uma fila e posição para colocar os materiais separados, o *milkrun* receberia a mesma informação do local para levantamento e posterior entrega no posto destino. Deste modo, permitiu poupar imenso tempo na procura dos materiais.

Embora este caso prático não possua resultados quantitativos, os benefícios trazidos da implementação no sistema GenSYS nos armazéns mencionados, foram assinaláveis. Entre os quais, destaca-se a redução, substancial, da documentação necessária à realização do *picking* de pedidos. Com a digitalização da documentação, a operação tornou-se mais clara e de fácil leitura, uma vez que passou a disponibilizar instruções objetivas e a informação mais relevante aos colaboradores, conseguindo atender aos pedidos no menor tempo possível e com o mínimo de erros.

Adicionalmente, outras das vantagens resultantes da implementação foi a disponibilização da informação, em tempo real, do stock existente de cada referência dos armazéns manuais, uma vez que, antes da implementação, os saldos físicos nunca estavam de acordo com os saldos disponibilizados pelo ERP da empresa, criando problemas de excesso ou rotura de stock, de alguns artigos. Com o sistema GenSYS passou a existir um controlo mais rigoroso, tanto na entrada, como na saída ou em tarefas de movimentação e armazenagem.

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais face ao projeto e aos objetivos, inicialmente, traçados. Para além disso, faz-se uma apreciação global do estudo, e retiram-se as principais contribuições práticas. Adicionalmente, apresentam-se oportunidades para trabalho futuro.

6.1 Considerações Finais

Com este caso de estudo foi possível perceber que os sistemas de armazenamento desempenham um papel crítico no processo logístico de qualquer organização. Contudo, um modelo capaz de representar, sincronizar e integrar as atividades de armazenamento é um exercício complexo, e leva inevitavelmente muito tempo a desenvolver e implementar, uma vez que este pode possuir diferentes comportamentos, tipos de equipamentos, estratégias, propriedades, regras e restrições. Além disso, cada ambiente produtivo tem a sua dinâmica, e as tecnologias, equipamentos ou processos da organização estão em constante modificação.

Este projeto demonstrou que o sistema GenSYS, enquanto SMS, tem as características necessárias para colmatar as necessidades e desafios decorrentes deste novo paradigma de produção, voltado para a customização em massa. Com o apoio do sistema GenSYS, qualquer organização é capaz de parametrizar e configurar vários sistemas de armazenamento, com diferentes estratégias e métodos de alocação.

O utilizador do sistema consegue gerir o stock de material, ao nível da posição, no armazém, sendo que esta pode ser definida previamente. Cada posição de armazenamento é mapeada em GenSYS, o que permite monitorizar todos os movimentos do armazém, tanto entradas como saídas, em todos os momentos. É, igualmente, possível acompanhar onde se encontra um determinado material dentro e fora do armazém, assim como processar todos os movimentos de mercadorias que afetam o normal funcionamento do mesmo, desde a receção de material, saídas de mercadorias, transferências de stock entre armazéns até à preparação de material para abastecer os postos de trabalho. Além disso, o sistema otimiza a capacidade do armazém e os fluxos de materiais e controla todas as etapas de trabalho dos colaboradores do armazém, de forma simples e clara, através de terminais móveis.

Outra das vantagens do sistema é a utilização de *e-kanbans*, tornando-se muito úteis na gestão de um armazém. Com base numa filosofia de produção puxada e JIT, este tipo de mecanismo permite visualizar os trabalhos em execução e estabelecer limites de WIP, no processo produtivo. Complementarmente, funciona como controlo do processo produtivo e dos materiais disponíveis, nos diferentes armazéns,

assim como previne a sobreprodução e o excesso de stock, com conseqüente libertação do espaço de armazenamento.

Depois de explicar os mecanismos que o sistema disponibiliza para apoiar a organização dos armazéns, foram propostas formas de utilização dessas funcionalidades para satisfazer requisitos específicos.

Assim e como forma de potenciar e apoiar a operacionalidade de um armazém e manter uma boa organização foi desenvolvida uma metodologia focada, sobretudo, no armazenamento e no *picking*, por serem as duas operações logísticas que possuem maior impacto no desempenho global do armazém. A metodologia incluiu diversos aspetos, como a capacidade de armazenamento, a utilização do espaço e a eficiência do *picking* de pedidos. Com estas orientações e sugestões, os utilizadores do sistema poderão tirar partido do que está implementado para modelar comportamentos específicos dos artigos nos respetivos armazéns.

Com o desenvolvimento da metodologia levantaram-se um conjunto de compromissos, especialmente, relacionados com o custo total e o nível de serviço prestado pelo armazém.

A solução mais apropriada para cada empresa ou cadeia de abastecimento deve ser adaptada de acordo com as necessidades e especificidades do sistema produtivo. Esta solução precisa de ser vista de uma forma holística e uma orientação sistemática para o *design* de soluções específicas da empresa é o mais desejável. Especialmente para pequenas e médias empresas, como refere Krowas & Riedel (2019), uma vez que não é fácil lidar com esta temática, devido à falta de recursos, ao défice de pensamento estratégico e de infraestruturas que limitam a adaptabilidade.

Os casos práticos apresentaram algumas das funcionalidade e capacidades do sistema GenSYS, no que toca à organização e controlo de um armazém. Deste modo, foi possível retirar algumas das vantagens relativas à implementação do sistema e transformação digital, do sistema logístico, indo, igualmente, ao encontro de alguns dos requisitos da i4.0, nomeadamente:

- A melhoria da transparência e o aumento da visibilidade dos procedimentos ligados à logística e também à cadeia de abastecimento, permitindo assegurar processos ágeis, em tempo real e, ao mesmo tempo, um controlo total e absoluto sobre os produtos armazenados.
- Maior eficiência dos serviços: a digitalização dos processos logísticos assegurou reduções exponenciais da utilização do fator tempo, o que traduz naturalmente em ganhos de eficiência e competitividade.
- Automatização das operações, o que permitiu padronizar processos e respetivos fluxos, deixando margem para economizar custos com recursos (físicos, humanos e financeiros) que podem ser otimizados para outros fins.

- Maior competitividade: a digitalização trouxe maior facilidade no tratamento da informação, fundamental para sustentar tomadas de decisão estratégicas e operacionais.

A tecnologia sempre foi um grande impulsionador da inovação e as recentes transformações digitais introduzidas nas fábricas são prova disso mesmo. A digitalização dos processos logísticos não é exceção, tornando-se uma realidade mundial, e as empresas que não adequarem as suas operações arriscam-se a perder competitividade e, conseqüentemente, diminuição das suas receitas.

Contudo, continua a haver necessidade de investigação centrada na gestão operacional de sistemas de armazenamento, onde os diferentes processos do armazém são considerados em conjunto, os problemas são colocados na sua natureza dinâmica e múltiplos objetivos são considerados simultaneamente. O domínio da pesquisa das operações do armazém é muito rico e desafiador e dada a prevalência dos armazéns nas cadeias de abastecimento, esses resultados de pesquisa poderiam ter um impacto significativo, a nível económico para as empresas.

6.2 Trabalho Futuro

Há muito que o cenário de robots a substituírem o trabalho feito por humanos passou a ser uma realidade no mundo da logística, nomeadamente nas tarefas realizadas num armazém. Tal é o caso da embalagem, da personalização dos produtos, do manuseamento de mercadorias durante o processo de carga e descarga, do transporte interno ou da gestão de stocks.

Desse modo, num armazém pode ser possível ver robots a ajudar os operadores nos processos de recolha de produtos ou na preparação de pedidos, e é neste sentido que a robótica está a ser utilizada para a automatização de alguns processos.

Como visto na revisão bibliográfica, um dos requisitos da i4.0 é a capacidade de automação e de integração e, ao longo do projeto foi possível perceber que o sistema é capaz de interagir com outros sistemas. Deste modo, seria importante e interessante perceber de que forma é que o sistema GenSYS o consegue fazer, nomeadamente com sistemas de armazenamento AS/RS. Este tipo de sistemas caracteriza-se por facilitar e acelerar o transporte de produtos, automatizar as operações de armazenamento e picking e tornar o armazém menos dependente da intervenção humana. Assim, seria relevante entender de que forma o sistema GenSYS consegue comunicar e que vantagens traria ao armazém.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, R., 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. <https://doi.org/10.5120/8530-2062>
- Anderson, B. (2004). Innovative Storage Methods. In *Operations & Fulfillment* (Vol. 12, Issue 5, pp. 24–27). <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=13000626&site=eds-live>
- Ayres, A. (2009). *Gestão de Logística e Operações*.
- Azmi, I., Abdul Hamid, N., Nasarudin, M., & Ibtishamiah, N. (2017). Logistics and supply chain management: The importance of integration for business processes. *Journal of Emerging Economies and Islamic Research*, 5. <https://doi.org/10.24191/jeeir.v5i4.8838>
- Bakkali, H., Azmani, A., & Fennan, A. (2013). Dynamic Allocation of Products to Storage Areas in the Warehouse. *International Journal of Computer Applications*, 84, 36–43. <https://doi.org/10.5120/14663-2974>
- Ballesteros-Riveros, F. A., Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W., & Zapata-Cortes, J. A. (2019). Storage allocation optimization model in a colombian company. *DYNA (Colombia)*, 86(209), 255–260. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.77527>
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2010). Supermarket Warehouses: Stocking policies optimization in an assembly-to-order environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50(5–8), 775–788. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2555-0>
- Buntak, K., Kovačić, M., & Mutavdžija, M. (2019). Internet of things and smart warehouses as the future of logistics. *Tehnički Glasnik*, 13(3), 248–253. <https://doi.org/10.31803/tg-20190215200430>
- Carvalho, J. M. C. de. (2002). *Logística* (1ª ed). Silabo.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Professional.
- Cormier, G. (2005). Operational Research Methods for Efficient Warehousing. In *Logistics Systems: Design and Optimization* (pp. 93–122). https://doi.org/10.1007/0-387-24977-X_4
- Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., & Pillet, M. (2006). *Gestão da produção*. Lidel.
- Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M. (2009). Design of order picking system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1571-9>
- De Boeck, L., & Vandaele, N. (2008). Coordination and synchronization of material flows in supply chains: An analytical approach. *International Journal of Production Economics*, 116(2), 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.06.010>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Editora, P. (n.d.). “armazém” no *Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa*. Retrieved May 22, 2021, from <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/armazem>
- Farahani, R., Kardar, L., & Rezapour, S. (2011). *Logistics Operations and Management: Concepts and Models* (Elsevier (ed.)).
- Frazelle, D. E. H. (2016). *World-Class Warehousing and Material Handling, Second Edition* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- GenSYS. (2021). *GenSYS - Smart Production System*.
- GlobalTranz. (2020). *11 Inventory Management Best Practices & the Role of Technology*.

- <https://www.globaltranz.com/inventory-management-best-practices/>
- Goetschalckx, M. (2012). Storage Systems and Policies. In *Warehousing in the Global Supply Chain* (pp. 31–51). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2274-6_2
- Gomes, J., Lima, R., & Martins, P. (2009). Analysis of Generic Product Information Representation Models. In *IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5373387>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, *177*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, *203*(3), 539–549. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031>
- Gunasekaran, A., Marri, H. B., & Menci, F. (1999). Improving the effectiveness of warehousing operations: a case study. *Industrial Management and Data Systems*, *99*(8), 328–339. <https://doi.org/10.1108/02635579910291975>
- Hamdy, W., Mostafa, N., & Elawady, H. (2018). Towards a smart warehouse management system. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018*(SEP), 2555–2563.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2018). *Operations and supply chain management*.
- Jarupathirun, S., Ciganek, A., Chotiwankeawmanee, T., & Kerdpitak, C. (2009). *Supply Chain Efficiencies Through E-Kanban: A Case Study*.
- Jianxin Jiao, Tseng, M. M., Qin Hai Ma, & Yi Zou. (2000). Generic Bill-of-Materials-and-Operations for High-Variety Production Management. *Concurrent Engineering*, *8*(4), 297–321. <https://doi.org/10.1177/1063293X0000800404>
- Kagermann, H., Wolfgang, W., & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Plattform INDUSTRIE 4.0, April*, 1–78.
- Kappauf, J., Lauterbach, B., & Koch, M. (2012). *Logistic Core Operations with SAP*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-18202-0>
- Karasek, J. (2013). An Overview of Warehouse Optimization. *International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems*, *2*(3), 111–117. <https://doi.org/10.11601/ijates.v2i3.61>
- Kembro, J. H., Norrman, A., & Eriksson, E. (2018). Adapting warehouse operations and design to omnichannel logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *48*(9), 890–912. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0052>
- Krowas, K., & Riedel, R. (2019). *Planning Guideline and Maturity Model for Intra-logistics 4.0 in SME BT - Advances in Production Management Systems. Towards Smart Production Management Systems* (F. Ameri, K. E. Stecke, G. von Cieminski, & D. Kiritsis (eds.); pp. 331–338). Springer International Publishing.
- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. Irwin/McGraw-Hill.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, *6*(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lim, J. M. (2003). *The Impact of Information Technology on Mass Customization*. <https://scholarworks.rit.edu/theses>
- Lummus, R. R., Krumwiede, D. W., & Vokurka, R. J. (2001). The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition. *Industrial Management & Data Systems*, *101*(8), 426–432. <https://doi.org/10.1108/02635570110406730>

- Meyer, A. (2015). *Milk Run Design: Definitions, Concepts and Solution Approaches*.
- Miralam, M. (2017). Impact of Implementing Warehouse Management System on Auto Spare Part Industry Market in Saudi Arabia. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 6(3), 56–74. <http://buscompress.com/journal-home.html>
- Orošnjak, M., Jocanović, M., Karanović, V., Vekić, A., & Medić, N. (2017). Transformation from Mass Production to Mass Customization in SCM: Obstacles and Advantages. *Acta Technica Corviniensis -Bulletin of Engineering*, 10(1), 34–38. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib,uid&db=a9h&AN=121771780&lang=pt-pt&site=ehost-live&scope=site>
- Qu, Y. J., Ming, X. G., Liu, Z. W., Zhang, X. Y., & Hou, Z. T. (2019). Smart manufacturing systems: state of the art and future trends. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(9–12), 3751–3768. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03754-7>
- Richards, G. (2017). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Kogan Page.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. M. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122(3), 515–533. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00020-X)
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (K. Page (ed.); 5th ed.). www.koganpage.com
- Sarder, M. B., Rogers, J., & Liles, D. H. (2006). *Role of Logistics in Mass Customization*.
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A., & Bristow, A. (2019). “Research Methods for Business Students” Chapter 4: Understanding research philosophy and approaches to theory development (pp. 128–171).
- Schrauf, S., & Bertram, P. (2016). How digitization makes the supply chain more efficient , agile , and. *Strategy and PWC*, pg. 1-32. <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf%0Ahttp://www.strategyand.pwc.com/reports/industry4.0>
- Tabatabaei, S.-K., Fatahi Valilai, O., Abedian, A., & Khalilzadeh, M. (2021). A novel framework for storage assignment optimization inspired by finite element method. *PeerJ Computer Science*, 7, e378. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.378>
- Tian, R. (2009). Internal logistics as a part of supply chain. *Bachelor's Thesis of International Business Program*, 3, 67. <http://publications.theseus.fi/handle/10024/3577>
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. Wiley. <https://books.google.pt/books?id=xBlq6Qm2SQC>
- van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0. *Computers in Industry*, 124, 103343. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103343>
- van Heerden, S. A., & van Vuuren, J. H. (2018). Optimisation of Stock Keeping Unit Placement in a Retail Distribution Centre. *South African Journal of Industrial Engineering*, 29(2). <https://doi.org/10.7166/29-2-1867>
- Wan, H., Shukla, S. K., & Chen, F. F. (2009). Pulling the Value Streams of a Virtual Enterprise with a Web-based Kanban System. In *Collaborative Design and Planning for Digital Manufacturing* (pp. 317–340). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-287-0_13
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Wu, B. (2012). *Manufacturing Systems Design and Analysis*. Springer Netherlands. <https://books.google.mk/books?id=TKXnCAAAQBAJ>

- Zafarzadeh, M., Hauge, J. B., Wiktorsson, M., Hedman, I., & Bahtijarevic, J. (2019). *Real-Time Data Sharing in Production Logistics: Exploring Use Cases by an Industrial Study* (pp. 285–293). https://doi.org/10.1007/978-3-030-29996-5_33
- Zawadzki, P., & Żywicki, K. (2016). Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept. *Management and Production Engineering Review*, 7. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
- Zermati, P. (1990). *A Gestão de Stocks* (E. Presença (ed.); 2^o).