

Desempenho de Operações em Centros de Distribuição

Caso de Estudo de Logística Colaborativa MixMove & 3M

Hugo Bernardo Mateus

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof. Susana Isabel Carvalho Relvas

Júri

Presidente: Prof. Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa

Orientador: Prof. Susana Isabel Carvalho Relvas

Vogal: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Outubro 2020

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Resumo

A cooperação e a coordenação entre empresas, os avanços tecnológicos, o desenvolvimento de estratégias internas e o sentido crítico dos resultados obtidos são fatores cruciais para a aquisição de um processo logístico otimizado e competente que permitem aumentar, significativamente, o desempenho operacional.

A preocupação com os resultados obtidos tornou-se uma constante e a busca de soluções e indicadores internos que melhor expressem o estado das empresas tornou-se um fator prioritário nas suas estratégias. Face a esta situação, esta dissertação aborda a integração de duas empresas, 3M e MixMove, que interagem no processo logístico, sendo a 3M responsável pelas operações internas nos seus centros de distribuição (*hubs*) e a MixMove pelo fornecimento de gestão e planeamento logístico.

Inicialmente foram descritas, num caso de estudo, as operações reais que ocorrem num centro de distribuição 3M com a integração da plataforma MixMove Match. De seguida foi realizada uma revisão de literatura sobre conceitos generalizados de logística, como cadeias de abastecimento, redes de distribuição e conceitos mais específicos, como de centros de distribuição, metodologias associadas à medição de desempenho, análise e avaliação de indicadores. Posteriormente foi desenvolvida uma metodologia que consiste na avaliação de desempenho dos centros de distribuição 3M onde foram estudados indicadores 3M já existentes, desenvolvidas metodologias sistemáticas aplicadas ao estudo realizado e criados indicadores que facilitam a análise operacional dos resultados da empresa.

Por fim, será apresentado um dos benefícios alcançados pela 3M, a diminuição do tempo de processamento em 15 minutos por remessa, associado à implementação da plataforma MixMove Match.

Palavras-Chave: Gestão de Cadeias de Abastecimento, *Cross-Docking*, Operações de Armazém, Medidas de Desempenho, Medidas de Desempenho na Cadeia de Abastecimento

Abstract

Cooperation and coordination between companies, technological progress, the development of internal strategies and the critical impact of results are crucial factors for the acquisition of an optimized and competent logistic process that allows to significantly increase in operational performance.

The concern with the results obtained has become a constant and the search for internal solutions and indicators that better express the state of the companies have become priority factors in their strategy. In view of this situation, this master thesis addresses the integration of two companies, 3M and MixMove, which interact in the logistics process, 3M being responsible for the internal operations in its distribution centers (hubs) and MixMove for providing management and logistical planning.

Initially, in a case study, the actual operations executed in a 3M distribution center with the integration of the MixMove Match platform were described. Then, a literature review was performed on generalized concepts of logistics such as supply chains and distribution networks and more specific concepts such as distribution centers and methodologies associated with performance measurement and analysis and evaluation of indicators. Afterwards, a methodology was developed consisting of evaluating the performance of 3M distribution centers where existing 3M indicators were studied, systematic methodologies were established and applied to the case study and also, key performance indicators were created to facilitate the operational analysis of the company's results.

Finally, one of the benefits achieved by 3M, reduction of the processing time in 15 minutes per shipment, associated with the implementation of the MixMove Match platform will be presented.

Keywords: Supply Chain Management, Cross-Docking, Warehouse Operations, Performance Measurements, Performance Measurements in Supply Chains

Agradecimentos

À Professora Susana Relvas, por todo o apoio necessário ao longo deste percurso, sendo compreensiva e disponível mediante todas as dificuldades que existiram durante a elaboração deste trabalho.

À minha família, particularmente ao meu Pai, à minha Mãe por me terem dado a possibilidade de realizar o meu percurso académico. Ao meu irmão Gonçalo e à minha Avó, em conjunto com os meus pais, pela ajuda essencial fornecida nos momentos mais difíceis dando-me a confiança e a força necessária para prosseguir com o meu percurso académico.

Ao meu Co-Orientador Artur Alves, por tornar possível a execução deste trabalho, mostrando flexibilidade, compreensão sobre a minha situação académica.

Ao especialista da 3M, Hanns-Georg Rybak, pela disponibilidade e por todos os dados e informações facultadas que facilitaram a execução deste trabalho.

Aos meus colegas da empresa Marlo e MixMove, que me apoiaram e ajudaram na obtenção de recursos essenciais para este trabalho.

Por último, e não menos importante, aos meus amigos que conseguiram sempre aligeirar as minhas preocupações, dando-me força para finalizar mais uma etapa na minha vida.

Índice

1	Introdução	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2	OBJETIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	1
2	Caso de Estudo: MixMove & 3M	3
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DAS EMPRESAS	3
2.2	MINNESOTA MINNING COMPANY	3
2.2.1	<i>Mercado 3M</i>	4
2.3	MIXMOVE	5
2.3.1	<i>Origem – MixMove Match</i>	5
2.3.2	<i>Conceito</i>	6
2.4	SOLUÇÕES DE IT	7
2.4.1	<i>Códigos de Barras</i>	7
2.4.2	<i>Electronic Data Interchange (EDI)</i>	8
2.4.3	<i>Sistemas de Informação</i>	8
2.5	OPERAÇÕES	9
2.5.1	<i>Planeamento</i>	10
2.5.2	<i>Receção</i>	10
2.5.3	<i>Separação</i>	10
2.5.4	<i>Construção</i>	11
2.5.5	<i>Documentação e Rotulação</i>	11
2.5.6	<i>Carregamento e Envio</i>	12
2.6	DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO	12
3	Revisão da Literatura	14
3.1	INTRODUÇÃO E CONCEITOS BASE	14
3.2	NÍVEIS DE PLANEAMENTO E DECISÕES	15
3.3	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	16
3.4	REDE <i>HUB AND SPOKE</i>	16
3.5	<i>CROSS-DOCKING</i>	17
3.5.1	<i>Utilização de Cross-docking</i>	19
3.5.2	<i>Tipos de Cross-Docking</i>	21
3.5.3	<i>Estrutura do Cross-Docking</i>	23
3.6	OPERAÇÕES EM ARMAZÉNS	25
3.7	DESEMPENHO NAS CADEIAS DE ABASTECIMENTOS	27
3.7.1	<i>Medidas de Desempenho</i>	27

3.7.2	<i>Sistemas de Medição de Desempenho</i>	27
3.8	DESEMPENHO EM ARMAZÉNS.....	30
3.8.1	<i>Indicadores de Desempenho</i>	31
3.8.2	<i>Classificação de Indicadores</i>	31
3.8.3	<i>Análise dos Indicadores</i>	32
3.8.4	<i>Conclusões da Secção</i>	33
4	Metodologia e Desenvolvimento da Pirâmide SMART	35
4.1	CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE INDICADORES	35
4.2	SISTEMAS DE MEDIÇÃO EM CADEIAS DE ABASTECIMENTO	37
4.3	INDICADORES DE CADEIA DE ABASTECIMENTO.....	39
4.4	SMART EM CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO	47
4.4.1	<i>Nível Estratégico</i>	47
4.4.2	<i>Nível Tático</i>	48
4.4.3	<i>Nível Operacional</i>	49
4.4.4	<i>Associação ao Hub 3M</i>	51
5	Análise dos Indicadores 3M	53
5.1	INTRODUÇÃO	53
5.1.1	<i>Indicadores 3M</i>	53
5.1.2	<i>Discussão dos Indicadores 3M</i>	55
5.1.3	<i>Indicadores 3M & SMART Hub</i>	59
5.2	DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES.....	60
5.2.1	<i>Introdução</i>	60
5.2.2	<i>Permilagem de Unidades Perdidas no hub</i>	61
5.2.3	<i>Eficiência Operacional por hub</i>	64
5.3	ADIÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	71
5.4	ASSOCIAÇÃO DE INDICADORES	72
5.5	BENEFÍCIO MIXMOVE	75
5.6	SUMÁRIOS DOS RESULTADOS ALCANÇADOS.....	76
6	Conclusão e Desenvolvimentos Futuros	78
7	Referências Bibliográficas	81
Anexos		92
	ANEXO A - TABELA DE CARACTERIZAÇÃO DE INDICADORES – ADAPTADA DE: FRAZELLE E. , 2002B	92
	ANEXO B - TABELAS CARACTERIZAÇÃO DE INDICADORES – ADAPTADA DE: STAUDT ET AL., (2015)	93
	ANEXO C – DOCUMENTO DE APOIO À RECOLHA DE INDICADORES.....	94

Lista de Figuras

Figura 1- Disposição Geográfica da 3M [Adaptado: https://craft.co/3m-company].....	5
Figura 2- Rede Descritiva da Plataforma MixMove.....	7
Figura 3- Estratégia de cross-docking tradicional	19
Figura 4- Sistema de cross-docking de dois estágios (esquerda) e estágio único (direita) [Adaptado: Gue & Kang].....	22
Figura 6 - Cálculo do Tempo de Processamento.....	65
Figura 7 - Exemplo de uma remessa	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Elementos de um indicador de desempenho [Adaptado: Neely et al., (1997) e Lohman et al., (2004)]	36
Tabela 2 - Critérios de avaliação de um indicador [Adaptado: Caplice & Sheffi, (1994)]	37
Tabela 3 – Indicadores de desempenho para Cadeias de Abastecimento (SMART)	38
Tabela 4 - Detalhe dos indicadores de desempenho.....	40
Tabela 5 - Indicadores de desempenho para Centros de Distribuição (Nova SMART)	47
Tabela 6 - SMART Hub	52
Tabela 7 - Indicadores 3M.....	54
Tabela 8 - Custo de Manuseamento por hub.....	58
Tabela 9 - Indicadores recolhidos em reunião via Skype	60
Tabela 10 - Número de unidades perdidas e encontradas no processo	62
Tabela 11 - Dados anuais de análise por hub	63
Tabela 12 - Resultados Brucargo.....	66
Tabela 13 - Resultados Kleine	66
Tabela 14 - Resultados Kleine modificado.....	67
Tabela 15 - Resultados Brucargo modificado	67
Tabela 16 - Tipo de unidades logísticas por hub	68
Tabela 17 - Tempo por tipo de remessa	69
Tabela 18 - Tempo por tipo de remessa (Quantidades Harmonizadas)	70
Tabela 19 - Resultados do indicador "Eficiência Operacional por hub"	70
Tabela 20 - Indicadores de desempenho [Adaptado: Staudt et al., 2015].....	73
Tabela 21 – Indicadores de desempenho relacionados com recursos [Adaptado: Staudt et al., 2015].....	73
Tabela 22 - Indicadores de desempenho [Adaptado: Frazelle, (2002b)].....	75
Tabela 23 - Dados hub Ratingen	75

Lista de Abreviações

- 3M** – *Minnesota Mining and Manufacturing*
- AGV** – *Automated Guided Vehicle*
- ASN** - *Advance Shipping Notice*
- BSC** – *Balance Scorecard*
- CO₂** – *Dióxido de Carbono*
- EDI** – *Electronic Data Interchange*
- ERP** – *Enterprise Resource Planning*
- GINC** - *Global Identification Number of Consignment*
- GLN** – *Global Location Number*
- GS1** – *Global Standards One*
- Hazmat** – *Hazardous Materials*
- LED** – *Light Emitting Diode*
- LTL** – *Less Than Truckload*
- OR** – *Operational Research*
- RFID** – *Radio Frequency Identification*
- SCM** - *Shipping Container Marking*
- SCOR** – *Supply Chain Operations Reference*
- SKU** – *Stock Keeping Unit*
- SSCC** – *Serial Shipping Container Code*
- STILL** - *Standard Transport and International Logistics Label*
- TI** – *Tecnologia de Informação*
- TMS** – *Transportation Management System*
- VALA** - *Value Added Logistics Activities*
- WMS** – *Warehouse Management System*

1 Introdução

1.1 Contextualização do Problema

As cadeias de abastecimento encontram-se inseridas em ambientes bastante dinâmicos. A quantidade de produtos manuseados, a exigência dos mercados e a preocupação com os custos operacionais são alguns fatores que levam as entidades a repensar as suas estruturas internas e as suas decisões táticas e estratégicas na abordagem aos mercados. O aumento significativo do poder computacional e a introdução de *softwares* de modelação tornaram a resolução de problemas de otimização e os processos de tomada de decisões cada vez mais simples obtendo, com maior facilidade, soluções próximas de um ótimo (Bartolacci et al., 2012).

A adoção destes sistemas e modelos de otimização permitiram às entidades um melhor reaproveitamento das suas capacidades, quer a nível de recursos utilizados quer a nível das atividades desempenhadas, passando a apresentar resultados mais eficientes. Com isto, o mercado tornou-se cada vez mais competitivo e as entidades começaram manifestar o seu interesse pela medição do seu desempenho visto que o seu controlo e monitorização eram cruciais na adaptação destes ambientes dinâmicos (Kurien & Qureshi, 2011).

A 3M é uma empresa multinacional que, referente à distribuição, contém diversos centros de distribuição próprios ou subcontratados. No ano de 2018, esta empresa apresentou um volume de vendas acima dos 6 mil milhões de euros, apenas na Europa (3M, 2018). A 3M lida diariamente com diversos produtos, sendo que, maior parte destes, são provenientes de diferentes áreas de negócio, o que torna a sua capacidade de adaptação aos mercados algo desafiante.

A parceria realizada com a MixMove resulta deste propósito. A MixMove, através da sua plataforma MixMove Match, permite facilitar a gestão e o planeamento das operações em redes de distribuição mas, sobretudo, permite obter o melhoramento de desempenho nas atividades realizadas. A presente dissertação irá incidir sobre a análise da implementação da plataforma MixMove Match nas estruturas internas da 3M, nomeadamente num centro de distribuição. Esta implementação traz impactos directos nas operações, o que implica estabelecer uma metodologia sistemática que facilite a avaliação do desempenho da plataforma através de um conjunto de indicadores de desempenho.

1.2 Objetivos e Estrutura da Dissertação

Esta dissertação pretende propor, com base numa revisão de conceitos e metodologias relevantes selecionados da literatura científica, uma análise e avaliação detalhada sobre o desempenho dos centros de distribuição da empresa 3M (*hub*) através de um sistema de medição de desempenho e de análise e criação de indicadores de desempenho devido à necessidade encontrada nestas entidades de executar uma avaliação dedicada e eficaz sobre as suas operações.

De modo a ser possível alcançar o objetivo proposto é importante recolher e estruturar informação presente na literatura relevante e desenvolver uma metodologia que permita abordar o problema em questão e alcançar os objetivos propostos. A definição da metodologia baseou-se na conclusão de três passos:

- Descrição global e detalhada do método de caracterização e avaliação de indicadores de desempenho e aplicação do sistema de medição de desempenho (SMART) a nível de cadeias de abastecimento, centros de distribuição e *hubs*.
- Execução de uma análise aos indicadores existentes da 3M e criação de indicadores complementares com respetiva análise de resultados
- Elaboração de uma correspondência dos indicadores presentes na dissertação às operações internas dos *hubs* e apresentação de benefícios causados pela implementação da plataforma MixMove Match.

Para facilitar a visualização e a compreensão de todo o enredo retratado, a dissertação encontra-se estruturada da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo é realizada uma breve contextualização do problema bem como a apresentação do objetivo e da estrutura física da dissertação.
- **Capítulo 2 – Caso de Estudo: MixMove & 3M:** Neste capítulo ambas as empresas são descritas, indicando as suas metodologias e objetivos. No caso da empresa MixMove, esta é descrita com mais rigor, detalhando tecnologias e operações.
- **Capítulo 3 – Revisão da Literatura:** Descrição de conceitos e metodologias desde a gestão e planeamento de uma cadeia de abastecimento, decisões estratégicas, operacionais e táticas a serem executadas, até à composição da entidade em estudo, o centro de distribuição. Dentro deste capítulo também serão abordados os sistemas de desempenho mais utilizados bem como a apresentação de metodologias de classificação de indicadores de desempenho.
- **Capítulo 4 – Metodologia:** Neste capítulo será desenvolvida a resolução do caso de estudo sendo apresentada uma pequena introdução ao método de caracterização e de avaliação de indicadores, a inclusão do sistema de medição de desempenho SMART primeiramente num contexto de cadeias de distribuição e depois associado à entidade em estudo.
- **Capítulo 5 – Análise dos Indicadores 3M:** Neste capítulo será realizado um estudo aos indicadores já existentes no âmbito da 3M, serão desenvolvidos indicadores de desempenho que facilitem a análise operacional e a sua análise de resultados, será realizada uma descrição detalhada de um dos benefícios causados pela plataforma MixMove Match e por fim será efetuada a associação de todos os indicadores referidos ao contexto operacional em estudo.
- **Capítulo 6 – Conclusão e Desenvolvimentos Futuros:** Conforme os conceitos descritos e as metodologias recolhidas no capítulo anterior, neste capítulo será feito um resumo do trabalho desenvolvido tirando as respetivas conclusões e será feita uma referência sobre as direções a seguir no âmbito de trabalho futuro.

2 Caso de Estudo: MixMove & 3M

O seguinte caso de estudo é referente a duas empresas, atualmente parceiras e complementares no âmbito de operações logísticas. Estas empresas com uma breve contextualização na secção 2.1 são a 3M – Minnesota Mining Company, descrita na secção 2.2 e a MixMove, descrita na secção 2.3. A MixMove é a empresa detentora da tecnologia aplicada nos centros de distribuição da 3M e será apresentada com maior detalhe.

2.1 Contextualização das Empresas

A *Minnesota Mining and Manufacturing* é uma empresa multinacional americana fundada em 1902 no estado americano do Minnesota. Esta empresa especializa-se no desenvolvimento, na produção e na comercialização de vários produtos de diferentes segmentos de negócio como segurança e indústria, transportes e eletrónica, assistência médica e consumidor (Verizon Media, 2019).

Atualmente a *Minnesota Mining and Manufacturing*, conhecida como 3M desde 2002, detém uma receita de 32,8 mil milhões de dólares estando, nos dias de hoje, na posição 95 da lista conceituada da *Fortune 500* lista esta, que indica as quinhentas melhores empresas dos Estados Unidos da América com base nos seus rendimentos brutos (Craft.co , 2019 ; Fortune Media IP Limited, 2019).

A MixMove por outro lado, é uma empresa bastante diferente da 3M. Esta empresa apresenta uma plataforma inovadora de otimização de cadeias de abastecimento chamada MixMove Match. Esta plataforma, criada entre 2011 e 2015, contém cerca de 32 parceiros europeus e foi eleita, pela Comissão Europeia em 2016, como a Melhor Inovação da Europa.

2.2 Minnesota Mining Company

No século XX nos Estados Unidos da América, Dr. J. Danley Budd, Henry. S. Bryan, William A. McGonagle, John Dwan e Hermon W. Cable decidiram fundar uma empresa de extração de minerais. Esta empresa tinha como objetivo executar a extração de um mineral chamado corindo. Este mineral de elevada durabilidade era ideal para a criação de lixas, no entanto este processo de extração rapidamente se tornou num fracasso pois, da mina, apenas era possível extrair anortosito, um mineral menos durável e com um valor comercial mais reduzido. A deslocação da empresa para Duluth, no Minnesota através do investimento do empreendedor Lucius P. Ordway permitiu à empresa retomar a possibilidade de criação de lixas, mas desta vez através de materiais abrasivos recolhidos de uma outra fonte (3M, 2019).

Em 1910, a empresa estabelece a primeira fábrica em *St. Paul* no Minnesota. A sua localização mais central permitiu um melhor reconhecimento da empresa levando a um rápido crescimento económico assim que esta decidiu lançar o seu primeiro produto (pano abrasivo) no negócio bélico da Primeira Guerra Mundial (3M, 2019).

O reconhecimento ganho e a eficácia existente na leitura das necessidades dos consumidores permitiram à 3M tornar-se especialista na inovação e no desenvolvimento de produtos. Produtos estes, atualmente bastante conhecidos como fitas de auxílio a pintura, post-it, fita de celofane, sinais de trânsito refletores, máquina copiadora, fitas magnéticas usadas para gravações de programas televisivos, produtos de limpeza, sistemas de projeção LED (*Light Emitting Diode*), estetoscópio eletrônicos entre outros. O seu conhecimento extenso em diversas áreas permite demonstrar polivalência e eficiência na criação de produtos, algo adquirido através da aposta em mão-de-obra diversificada composta por cientistas, engenheiros mecânicos, médicos ou até mesmo físicos óticos (3M, 2019; Figueroa & Conceição, 2000).

2.2.1 Mercado 3M

Após uma análise feita na cronologia da empresa é de notar que ao longo de vários anos a 3M apresentou apenas diversas remodelações nos seus produtos. A inexistência de inovação da empresa na criação de novos produtos nesse período demonstrava preocupação por parte de gestores indicando, possivelmente que esta empresa podia ter os dias contados (von Hippel et al., 1999). Para além da existência de mão-de-obra diversificada era necessário aplicar políticas de inovação para o combate a este problema. Estas políticas insinuavam que os empregados do seu tempo diário de trabalho teriam 15% do tempo para explorar novas ideias e projetos da sua autoria, 30% das receitas anuais da empresa teriam que vir de produtos introduzidos no mercado nos últimos 4 anos, a criação de uma empresa de fundos como a *Genesis Grant*, responsável pela criação do *Post-it*, de forma a acelerar o processo de criação de novos produtos e a criação de programas, *Pacing Plus*, que encontrassem produtos ou negócios que pudessem mudar a competitividade no mercado, que tenham um âmbito global, que gerassem mais de 100 milhões em receitas e que conseguissem melhorar a tecnologia detida pela 3M (Johnston & Douglas, 2013; Garud et al., 2011).

Graças à aplicação destas políticas, o crescimento da 3M aumentou significativamente sendo que em 2017, a 3M já operava 80 fábricas em 29 estados dos Estados Unidos da América e internacionalmente cerca de 125 fábricas e instalações de conversão ao longo de 37 países (Commission, 2017). Na Figura 1 é possível visualizar de uma forma mais facilitada a disposição da empresa pelo mundo.

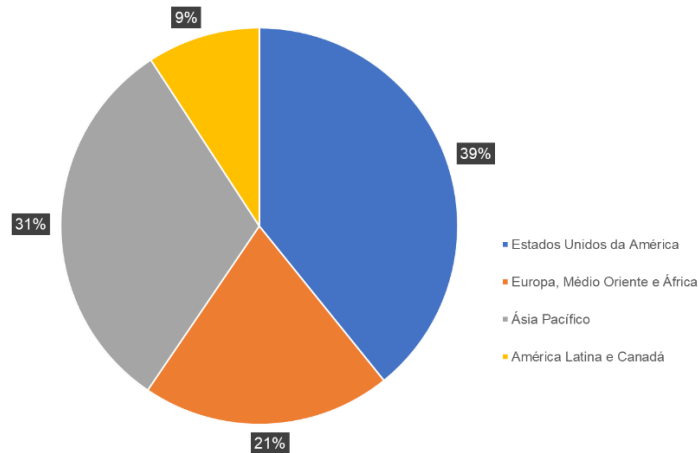


Figura 1- Disposição Geográfica da 3M [Adaptado: <https://craft.co/3m-company>]

2.3 MixMove

Na presente secção será referida a origem da plataforma MixMove Match detida pela empresa MixMove acompanhada com uma definição generalizada da mesma. Todos os pormenores referentes ao aparecimento e ao funcionamento desta plataforma e os seus respetivos processos, encontram-se descritos nas secções 2.3.1 até Carregamento e Envio tendo como base, informações retiradas do departamento de operações da própria empresa.

2.3.1 Origem – MixMove Match

A Comunidade Europeia, ao longo dos anos tem tido um papel fundamental na questão do financiamento de projetos e investigações em inúmeros temas. No final do ano de 2011, a Comunidade Europeia, através da sua rede de programas de investigação e inovação criou o iCargo. Este projeto consistia na construção de uma rede de informação que visava na cooperação eficiente entre os atores envolvidos e os sistemas já existentes. O iCargo tinha como principal objetivo a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) durante os trajetos efetuados no transporte de mercadorias e a adaptação e combinação de serviços, recursos e informação através de modelos dinâmicos de planeamento tornando-se num ecossistema de gestão de mercadorias (Gato, 2013). Esta solução contava com um largo leque de parcerias desde DHL Holanda, MARLO e outros 27 participantes de renome (MixMove, 2019).

Destas parcerias houve uma que se destacou e desencadeou o aparecimento da MixMove Match. A 3M é uma empresa com uma vertente em logística internacional que contém milhares de clientes na Europa e tinha como principais dificuldades na sua operação a redução dos custos de transporte, devido às largas distâncias percorridas entre fábricas e o consumidor final, e à ineficiência do armazenamento da carga nos seus veículos. Este problema fez com que a 3M necessitasse de um ponto médio de abastecimento de modo a que pudesse estar mais próximo dos consumidores (entrega indireta), originando uma rede de

“*Hub and Spoke*”. Esta rede garante que toda a mercadoria é transportada entre armazéns (*hubs*) ligados por rotas (*Spokes*).

A plataforma MixMove Match surgiu quando um dos centros de distribuição deixou de ter espaço para o elevado número de produtos recebidos e, portanto, foi necessário adiar a organização das paletes para um estado posterior na cadeia de abastecimento. Dado o largo volume de mercadorias nesse centro de distribuição, os camiões que saíam do mesmo encontravam-se completos (*Full Truck Load – FTL*), fazendo reduzir os custos de transporte em 35%. Este adiamento no processo fez com que os produtos fossem organizados em centros de distribuição mais próximos dos clientes, aumentando a sua eficácia de serviço e consequentemente permitiu uma prática mais ecológica do mesmo, descendo para metade as emissões de CO₂.

Atualmente, a MixMove Match faz parte de um conjunto de soluções que foram desenvolvidas e complementam o processo das encomendas (*Ship e Deliver*) tendo como objetivo melhorar a experiência dos expedidores, no processamento e expedição de encomendas, e dos consumidores em termos de controlo durante processos de entrega. Todas estas soluções, contêm no total cerca de 32 parceiros a nível europeu, ao longo de 19 países sendo responsáveis pelo manuseamento de 2 milhões de produtos por mês.

2.3.2 Conceito

A MixMoveMatch surge como um resultado direto do projeto iCargo. Esta solução, criada pela empresa MixMove, garante uma grande flexibilidade, eficiência e satisfação do cliente no transporte de mercadoria, utilizando sistemas de informação que monitorizam em tempo real tanto essas deslocações ao consumidor como as operações dentro dos seus centros de distribuição. A otimização da utilização dos veículos, a produção transparente das cadeias de abastecimento dos parceiros e a flexibilidade e manuseamento ao nível do empacotamento são ideais seguidos por esta empresa (Woehrle, 2017).

A primeira atividade deste procedimento é o Mix e como o nome indica é caracterizada pela mistura dos produtos em paletes. Neste primeiro estágio, os produtos provenientes de fábricas são recebidos num centro de distribuição de um dos parceiros MixMove onde são misturados e aglomerados em paletes. Este passo é fundamental para que se consiga respeitar a máxima FTL acima referida, e onde só assim, é possível atingir os objetivos ambientais e financeiros da MixMove.

O próximo passo é a deslocação das paletes para o próximo centro de distribuição, denominado de *hub* (*Move*). Este transporte garante uma maior proximidade com o consumidor, permitindo praticar uma diminuição do tempo de aprovisionamento (*lead time*) e do dano da mercadoria.

Com a chegada a este último centro de distribuição onde, se promove a reconstrução, as paletes são descarregadas do camião onde irão depois ser reconstruídas em paletes mais pequenas e específicas para cada cliente (*Match*). Todo este processo apesar de ser bastante manual, necessita de uma boa estrutura informática de modo a que todos os produtos sejam monitorizados e recolocados nas paletes devidas.

Na Figura 2 está apresentada a fronteira da plataforma MixMove Match e como é que a rede “Hub and Spoke” é caracterizada mediante os diferentes atores presentes na cadeia de abastecimento.

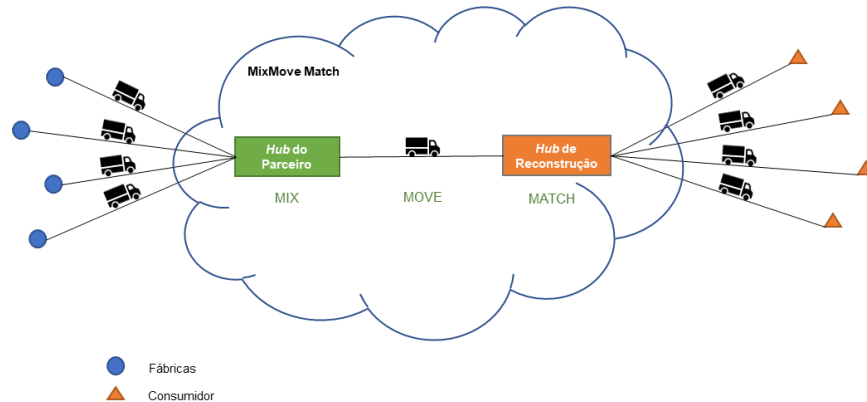


Figura 2- Rede Descritiva da Plataforma *MixMove*

Ao longo das próximas duas secções, serão explicados todos os sistemas informáticos e tecnologias utilizadas para o funcionamento da plataforma MixMove Match, bem como o funcionamento do centro de distribuição de reconstrução MixMove (*Hub*) explicitando todas as etapas pelas quais as paletes e os produtos são submetidos.

2.4 Soluções de IT

A secção 2.4 resume as principais componentes tecnológicas usadas na MixMove Match, que são o código de barras, o *Electronic Data Interchange* e Sistemas de Informação.

2.4.1 Códigos de Barras

Hoje em dia, quer as paletes ou os produtos individuais devem ser devidamente controlados não só em termos de estado em que se encontram na cadeia de abastecimento, mas também qual o destino que estes irão tomar ou a que operações seguintes irão ser submetidos.

A utilização de códigos de barras nessas unidades de logística (paletes ou produtos individuais) facilitam a captação dessa informação. Cada uma destas unidades, é composta com um código GS1 SSCC (*Global Standards One; Serial Shipping Container Code*) presente no próprio código de barras. Este código é inalterável ao longo de todo o percurso da cadeia de abastecimento, aglomerando ao longo do tempo todo o tipo de informação que a caracteriza. A leitura destas informações é feita através de scanners RFID (*Radio Frequency Identification*), tecnologia essa, que muitas empresas reconhecem o seu potencial no tratamento da complexidade da globalização, e que cria um balanço entre custo e desempenho nas cadeias de abastecimento (Ramakrishnan et al., 2014). Estas leituras são posteriormente traduzidas em

mensagens de *Electronic Data Interchange* (EDI), para que mais tarde, possam ser transferidas entre os diversos sistemas presentes na cadeia.

2.4.2 *Electronic Data Interchange* (EDI)

A digitalização da informação é um caminho obrigatório para as empresas de logística nos dias de hoje. A mão-de-obra neste assunto tornou-se dispensável não só porque acarreta elevados custos, tanto em pequenas como em grandes empresas, como também implica a existência de ineficiências e falhas de processos que poderão comprometer as atividades das cadeias de abastecimento.

A partilha de informação entre os diversos níveis da cadeia de abastecimento que contém a plataforma MixMove são realizados via sistemas eletrónicos de trocas de informações (EDI). Estes sistemas funcionam como comércio eletrónico entre organizações onde uma dessas organizações funciona como comprador ou vendedor e estabelece ligações entre uma ou mais organizações através de um método de comunicação entre computadores. A precisão da informação é garantida ao longo de toda a cadeia de abastecimento, eliminando potenciais erros, reduzindo custos devido à existência de automação e aceleração de processos relacionados com manuseamento, armazenamento e transmissão de informação e ajudando em processos de faturação (Vrbová et al., 2018).

Estas informações são enviadas através de mensagens do próprio EDI oriundas do sistema de gestão de transporte (*Transportation Management System* ou TMS) que contém os detalhes relacionados com cada unidade de logística (paletes e produtos individuais) importantes para o sistema de informação do *hub*. Estas informações relativas às dimensões, peso, tipo, destino, conteúdo, datas (produção expiração) são recebidas pelo sistema de informação do *hub* e ajudam no planeamento e gestão de processos e atividades e os operadores na construção das encomendas ao consumidor.

A existência deste sistema é, portanto uma mais valia caso tenhamos um negócio em que ao longo da cadeia de abastecimento os produtos sofrem deslocações e modificações até a sua chegada ao consumidor. No entanto toda esta infraestrutura informática envolve um elevado investimento, um entrave que muitas das empresas principalmente pequenas e médias, não estão dispostas a correr.

2.4.3 Sistemas de Informação

A gestão e o planeamento da cadeia de abastecimento são realizados pela integração de vários sistemas. Esta integração, para melhor compreensão, pode ser decomposta por três níveis.

O primeiro nível desta hierarquia de sistemas é caracterizado pelo sistema TMS que planeia e gere todos os fluxos de informação integrados na cadeia de abastecimento. Este sistema recebe dos restantes sistemas externos todo o tipo de informação relativo à movimentação de produtos quer dentro dos centros de distribuição quer fora deles, como o processo de última milha, recebendo informação desde a saída dos produtos do *hub* até à confirmação de receção por parte do cliente. Ao longo das deslocações feitas entre os centros de distribuição, o TMS informa os parceiros sobre toda a informação presente no SSCC das

paletes (quantidade de produtos que detêm, destino, pontos de entrega, data de produção e validade, etc.), fazendo-os preparar com antecedência para futuras operações.

No segundo nível temos o centro de distribuição com sistema MixMove ou então como já referido anteriormente o *hub* de Reconstrução. Este *hub* tem como principal função a gestão de todas as operações que nele se realizam tendo como principal característica a utilização do método de *cross-docking*. Este método é caracterizado pelo facto de não ter qualquer tipo de custo de inventário visto que os produtos que passam pelos centros de distribuição apenas são preparados para as próximas operações e nunca armazenados.

A cada etapa das operações, como por exemplo na entrada de produtos, na quebra e na construção de paletes entre outras, a informação contida na etiqueta (código de barras) é lida, fornecendo todos os dados detalhados sobre a configuração da encomenda, (como por exemplo regras a seguir caso os produtos sejam de Carga Geral ¹ ou *Hazmat* ² ou até a configuração indicada pelo consumidor, como o tipo de palete (EURO ou Industrial, altura). Este trabalho é realizado pelos operadores do centro de distribuição que são monitorizados à medida que realizam as operações de modo a que tudo seja feito de forma correta. Para além destes aspetos, o sistema de informação do *hub* permite a personalização do transporte quer por parcelas (*parcel shipping*) ou LTL (*Less Than Truckload*) e a personalização da transportadora mediante as necessidades do consumidor. A identificação da encomenda é outro nível de personalização que o consumidor pode exigir indicando o tipo de rótulo, no entanto, tratando-se de algo não controlável pelo *hub*, a sua integração com o sistema deverá ser um passo obrigatório a seguir.

No terceiro e último nível encontram-se os sistemas externos referentes aos parceiros da plataforma MixMove, o sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) e o sistema WMS (*Warehouse Management System*). O sistema ERP permite a gestão e o planeamento dos recursos da empresa encarregue da produção dos produtos, enviando para o TMS todos os dados referentes à produção. No caso do sistema WMS, este indica a gestão dos processos de expedição e recebimento de encomendas, indicando ao TMS por exemplo a data de chegada ou de partida dessas encomendas.

Estes dois sistemas são, portanto, complementares ao sistema TMS e apresentam uma função fulcral quer na gestão do processo de encomendas quer também na prevenção de eventuais falhas, minimizando possíveis ruturas que poderão surgir e danificar todo o processo de planeamento.

2.5 Operações

Nesta secção apresenta-se em primeiro lugar como é feito o planeamento de operações num centro de distribuição do tipo *hub* e posteriormente são apresentadas as principais operações: receção, separação, construção, documentação e rotulação, carregamento e envio.

¹ Carga Geral – Volume acondicionado solto ou unitizado com marca de identificação e contagem de unidades

² Carga Hazmat – Mercadoria perigosa

2.5.1 Planeamento

A ausência de inventário, consoante o negócio envolvido, pode ser uma vantagem para as empresas. Esta abordagem, porém, não é fácil de aplicar numa cadeia de abastecimento de grandes dimensões visto que é necessária uma elevada sincronização da operação e uma grande pontualidade no transporte de produtos. Para que isso aconteça de forma exemplar, é necessário realizar um bom planeamento das operações internas e externas do centro de distribuição.

Neste caso em particular, todo o planeamento é baseado em ondas de mercadoria (*waves*). Estas ondas indicam o número de paletes que vão ser transportadas, por um ou mais camiões, até ao *hub* de reconstrução numa determinada data e hora. Este processo, já bastante característico em alguns armazéns, permite saber exatamente quantos produtos foram recolhidos, em que quantidade de cada um deles e em que horário serão expedidos e para onde se destinam a ir.

A separação destes produtos deve ser planeada consoante a informações que estão presentes nos mesmos. Este planeamento tem em conta, não só, essa informação adquirida via EDI como também as restrições e o esquema que os restantes centros de distribuição apresentam. Para além disso indica automaticamente que tipo de reconstrução estes produtos irão ter. A reconstrução pode ser realizada por produto, por ponto de entrega, identificado pelo código GS1 GLN (*Global Location Number*), por encomenda, por centros de distribuição (*hubs*), encomendas que necessitam de passar por um *hub* específico antes de serem entregues ao cliente, por país ou então sem qualquer tipo de reconstrução, utilizado para produtos individuais.

Por fim para executar estas reconstruções, os operadores deverão ter em conta o peso e o volume total das unidades logísticas, o peso e as dimensões das parcelas individuais e o tipo de produto que cada parcela pode ter (mercadoria com restrições ou mercadoria perigosa – *Hazmat*).

De seguida, serão explicadas, ao detalhe, as operações internas do *hub* indicando que tipo de transformações as encomendas sofrem ao longo do processo e quais são os seus intervenientes.

2.5.2 Receção

Na chegada do camião ao *hub* de reconstrução, todas as unidades de logística são descarregadas pelos operadores, e de seguida são identificadas através da leitura dos seus números de SSCC pelos dispositivos de RFID disponíveis nas portas de chegada. Esta operação permite indicar ao sistema quais unidades chegaram ao centro de distribuição. Estas paletes descarregadas irão de seguida para uma zona de separação onde serão divididas consoante o seu destino final.

2.5.3 Separação

A separação da mercadoria tem como objetivo a gestão dos produtos individuais e/ou paletes por cliente. Este processo de separação pode ser feito de forma direta ou através de uma pré-separação. Na separação direta operadores colocam as paletes desorganizadas em locais específicos para a posterior

correspondência com o consumidor. Na pré-separação os fluxos de produtos e paletes vão para zonas específicas do *hub* para uma primeira separação e depois serão submetidas a uma separação final onde irão para outras zonas específicas do *hub* dando início à sua construção e posterior envio.

A disposição das zonas presentes nos *hubs* pode variar consoante o fluxo de produtos presente nesse *hub* e os *layouts*. No entanto existem certas áreas, como a área de entrada das unidades e equipamentos, os tapetes transportadores dos produtos e paletes, que são comuns em todos os *hubs*. Estes transportadores podem ser classificados como motorizados ou não motorizados. Os transportadores motorizados, no caso de produtos individuais, transportam e identificam o produto pelo *scan* do seu SSCC. Ao identificarem o produto, essa informação é gerida dentro do sistema de informação do *hub* controlando se o produto está a ser devidamente transportado para o seu destino. Caso os transportadores não sejam motorizados, estes apenas efetuam o transporte dos produtos, enquanto os operadores identificam através de *scan* qual o destino que estes irão tomar dentro do *hub*. Com a saída do produto individual do transportador, este é mais uma vez identificado por *scan* pelo operador de modo a saber o local específico de onde o resto da paleta, a que este pertence, está a ser separada.

2.5.4 Construção

A construção de paletes é um processo bastante fácil e pode ter duas variantes, uma é feita parcela a parcela, onde o SSCC do produto, a colocar na paleta, é lido pelo scanner e posteriormente é lido o SSCC de qualquer parcela que já esteja na paleta, indicando ao sistema que aquelas duas parcelas irão pertencer à mesma paleta. A outra abordagem é uma construção mais rápida, onde é lida a primeira parcela da paleta e de seguida as restantes parcelas são lidas, uma a uma, e colocadas na mesma.

Esta construção tipicamente envolve um conjunto de regras que deverão ser cumpridas. O tipo de paletes EURO (120x80x14,4cm), a altura específica (90, 120 ou 180 cm), parcelas com o mesmo número de SKU (*Stock Keeping Unit*) estarem juntas nas paletes misturadas, o uso de invólucro não transparente e manter as encomendas dos clientes em paletes separadas são algumas das regras que poderão ser impostas no entanto, ficam encarregues do consumidor, as restrições a aplicar quando se dá a construção das paletes.

2.5.5 Documentação e Rotulação

Após a construção das paletes, estas irão mais uma vez ser lidas por *scanners* de modo a que se saiba qual o próximo local no *hub* que estas se destinam a ir. Com esta leitura, um número de identificação é gerado. O número STILL (*Standard Transport and International Logistics Label*) terá que ser compatível com a norma GS1 dos códigos de barras e deve conter para além das informações dos outros SSCC, um número SSCC novo que identifique a nova paleta.

O sistema de informação do *hub* permite também, uma criação de uma folha de conteúdos que irá facilitar o recetor no processamento da mesma. Estas paletes depois de serem identificadas, serão envolvidas por equipamentos de vitafilmagem, para proteger a carga e torná-la mais uniforme para o posterior transporte

e serão colocados ou inseridos, mediante a especificação do cliente, os papéis referentes à identificação da mercadoria.

Por fim, as paletes serão deslocadas para o próximo local do *hub* (Área de Envio – *Despatch Area*) através dos operadores onde se irá dar o carregamento das mesmas em camiões. Na chegada, a este local todas as unidades de logísticas irão receber um número único a nível mundial, GS1 GINC (*Global Identification Number of Consignment*) que indica, através da partilha de uma mensagem de reconstrução da encomenda, toda a informação relativa à encomenda protagonizada pelo consumidor. Esta informação irá ser partilhada ao expedidor, aos sistemas de gestão de transporte dos parceiros e da entrega ao cliente (TMS) e a alguns pontos de entrega.

2.5.6 Carregamento e Envio

Neste último nível do procedimento logístico, existem inúmeras paletes que esperam o carregamento. A correspondência entre as portas do centro de distribuição e os transportadores deve ser devidamente realizado para todas as unidades logísticas sejam devidamente transportadas ao seu destino final.

Este processo de carregamento de paletes e o alinhamento dos camiões com os portões de saída, normalmente, são caracterizados por serem processos visuais, no entanto a utilização de *scanners* de códigos de barras ou de *scanners* de frequência de rádio pode, mais uma vez, auxiliar esta operação. Os operadores efetuam a leitura dos códigos de barras das unidades logísticas e também a leitura do código de barras da porta por onde se deslocam até ao camião. Este simples procedimento faz com que o sistema saiba que a unidade foi carregada no camião presente naquela porta e caso haja alguma inconformidade, o sistema alerta o operador para essa situação.

Já na chegada da encomenda ao cliente, este toma conhecimento, que recebeu ou não a encomenda, e essa informação será partilhada em tempo real com o sistema de informação do *hub*, atualizando o estado da encomenda para entregue ou não entregue.

2.6 Definição do Estudo de Caso

Após a descrição realizada nas secções anteriores, é de notar a elevada importância que a plataforma MixMove Match detém na gestão e controlo de unidades logísticas. A polivalência desta plataforma garante a visualização em tempo real de todas as atividades operacionais e táticas que ocorrem diariamente nos centros de distribuição presentes na cadeia de abastecimento. Esta imagem geral das entidades envolvidas permite que haja uma perceção sobre o desempenho das operações internas, indicando se o rumo da empresa, se encontra de acordo com os objetivos estipulados.

Sendo a introdução desta plataforma nos centros de distribuição da 3M algo relativamente recente, poucas avaliações sobre o desempenho operacional e tático foram realizadas para comprovar o sucesso desta implementação. A falta destas avaliações processuais anteriores à implementação da plataforma poderá levar a uma subvalorização dos desempenhos reais obtidos, algo indesejável no mundo empresarial, quer

do ponto de vista do utilizador – a 3M – quer do ponto de vista da plataforma como aplicação nova e inovadora.

Neste sentido, o problema a estudar é como deve ser definida uma metodologia sistemática de avaliação do desempenho das operações que permita aferir o impacto da utilização da plataforma.

Para a abordagem a este problema será importante o conhecimento sobre a estratégia de *cross-docking*, atualmente implementada nos centros de distribuição, e os seus componentes estruturais, tendo como principal foco os indicadores de desempenho que são utilizados nestas entidades, temas que serão abordados no capítulo 3.

3 Revisão da Literatura

A secção que se inicia, irá retratar conceitos e metodologias primeiro num âmbito mais geral relacionado com a logística, os tipos de decisões a serem tomadas na gestão, as cadeias de abastecimento e as suas estratégias de distribuição e, segundo, num âmbito mais específico, relacionado com o centro de distribuição. Esta entidade será explicada ao detalhe, tendo como especial ênfase as suas estratégias, estruturas, operações e a sua avaliação de desempenho.

Para isso foi realizada uma pesquisa exaustiva contando com a participação de palavras-chave que facilitaram todo este processo. Para o âmbito geral desta fundamentação teórica foram utilizadas palavras como *Logistics, supply chain, supply chain management e distribution strategies*. Para o âmbito mais específico e de maior importância foram utilizadas palavras como: *cross-docking, warehouse design e performance measures in supply chain*.

3.1 Introdução e Conceitos Base

O conceito de logística atualmente está bastante presente no nosso quotidiano. A partir do século XX, o conceito de logística tornou-se mais abrangente. A palavra logística passou a ser referida como um processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos e atividades para o transporte e armazenamento eficaz de produtos e de informações desde do ponto de produção até à chegada ao consumidor, satisfazendo todos os seus requisitos (Christopher, 2016).

A satisfação do consumidor é, portanto, o grande objetivo da logística e para que o seu funcionamento seja eficiente e eficaz é necessário que haja uma coordenação entre as operações. A especialização das empresas em apenas uma operação logística não é a solução para o problema, visto que, é essencial o contacto permanente com as restantes empresas para que o produto fique finalizado e possa chegar às mãos do consumidor consoante as características pedidas (Mangan & Lalwani, 2016). A existência de colaborações entre as empresas é, portanto, fundamental para a conclusão da atividade logística. As interações existentes entre os fluxos de informação, materiais, capital, mão-de-obra e equipamento são componentes chave para o sucesso de gestão de uma empresa de logística.

As cadeias de abastecimento são um exemplo da aglomeração e controlo destes fluxos. Uma cadeia de abastecimento deve ser definida como um processo de integração entre várias entidades empresariais (fornecedores, fábricas, distribuidores e retalhistas) que ao trabalharem em conjunto permitem aquisição de matérias-primas, a transformação em produtos finais e a entrega dos mesmos aos retalhistas (Beamon, 1998). Tratando a cadeia de abastecimento como uma organização global, a sua gestão pode ser desafiante. Cada uma das entidades pertencentes à cadeia, têm os seus objetivos internos que, por vezes poderão vir contra as decisões tomadas pela cadeia de abastecimento.

A gestão desta cadeia é portanto uma função integrativa com principal responsabilidade em estabelecer ligações entre processos de negócios de forma a que seja criado um modelo de negócio coeso e de elevado

desempenho e inviabilizar o planeamento e a gestão de todas as atividades nucleares das entidades incluindo uma coordenação e colaboração com terceiros (Vitasek, 2013).

3.2 Níveis de Planeamento e Decisões

A estratégia de uma empresa é pensada de forma a atingir certos objetivos ou na resolução de certos problemas. A decisão do caminho a percorrer pela empresa envolve um planeamento intensivo quer a curto-prazo quer a longo-prazo. A estratégia tomada pela empresa indica a direção e o âmbito em longo-prazo da mesma, de forma a atingir vantagens num ambiente dinâmico através da configuração dos seus recursos e competências, satisfazendo as expectativas dos *stakeholders* (Johnson et al., 2008).

As decisões e níveis de planeamento no que diz respeito a operações logísticas encontram-se estruturados em três níveis: planeamento estratégico, tático e operacional.

No caso das decisões estratégicas, estas são relacionadas com nível de investimento aplicado na cadeia de abastecimento de forma a atingir os objetivos estipulados para o negócio e, portanto, são consideradas estratégias de longo-prazo (Farahani et al., 2011). O número de centros de distribuição, o seu tamanho e a sua localização são alguns dos desafios estratégicos a ter em conta e poderão ser resolvidos via modelos de otimização.

As decisões táticas lidam com os parâmetros internos de cada entidade e portanto a decisão estratégica definida tem um directo impacto nas escolhas táticas realizadas pelos gestores (Bartolacci et al., 2012). As decisões táticas são feitas em tempo menor que as decisões estratégicas, no entanto o seu horizonte ainda é considerado de longo-prazo visto que lidam com o planeamento das atividades de produção, de transporte e recursos (Farahani et al., 2011). Este tipo de decisões são a ponte entre decisões estratégicas e decisões operacionais desempenhando o papel de influenciáveis e influenciadores respectivamente nestas decisões. Sendo o elo de ligação entre estes dois tipos de decisões, a sua tomada de decisão deverá assegurar que as diretrizes definidas nas decisões estratégicas são tidas em conta nas decisões operacionais (Amours et al., 2008). As decisões táticas envolvem a resolução de problemas em termos de inventário, decidindo que políticas de inventário a implementar, em termos de mão-de-obra, quanto é que é necessária para que a realização das operações seja eficaz e eficiente, em termos de estratégias de fornecimento, constituição dos canais de distribuição entre outras (Bartolacci et al., 2012).

As decisões operacionais, como o nome indicam, referem o tipo de operações a serem utilizadas no dia-a-dia das entidades pertencentes à cadeia de abastecimento. Estas operações estão relacionadas com rotinas dentro dos centros de distribuição como o armazenamento e transporte de produtos, processos de carga e descarga, expedição, otimização de rotas entre outros (Farahani et al., 2011). Estas decisões são tomadas num período diário ou semanal envolvendo elevados conjuntos de dados na sua análise. As decisões definidas baseiam-se puramente em operações reais e, portanto, a sincronização das operações é crucial ter em conta.

As decisões a tomar nestes diferentes níveis ou até de forma agregada implicam a representação e optimização de sistemas complexos. Para tal, podem utilizar-se técnicas de investigação operacional (*Operational Research* – OR), inteligência artificial ou modelos de análise de negócios fornecendo eficiências quer a nível de custos quer a nível de eficácia do serviço podendo também ser abrangida a questões de sustentabilidade ambiental (Bartolacci et al., 2012). Segundo Young Hae e Kim (2002), também podem ser usados modelos híbridos. Uma outra alternativa é o uso de simulação, nomeadamente ao nível operacional, visto que se baseiam em dados reais e apresentam, em tempo real, uma amostra do comportamento da operação descrita (Amours et al., 2008).

3.3 Rede de Distribuição

A chegada de produtos às diferentes entidades e aos consumidores pode ser realizada de diferentes maneiras. A discussão da estruturação da rede de distribuição passa por perceber como será possível desempenhar o transporte dos produtos até aos consumidores de modo a que se consiga minimizar o custo da operação e que a procura seja satisfeita sem exceder a capacidade de centros de distribuição ou de fábricas (Selim & Ozkarahan, 2008). Dependendo dos objetivos traçados da cadeia de abastecimento, esta pode assumir diversas formas. Segundo Chopra & Meindl (2016) existem certos fatores que influenciam a estrutura desta rede de distribuição como o tempo de resposta, tempo esperado pelo consumidor para receber a sua encomenda, variedade do produto, existência de vários tipos produtos e configurações que, segundo Randal & Ulrich, (2001), permite o aumento de custos produtivos associados aos diferentes materiais usados e, por fim, os custos relacionados com o mercado que, com a existência de diferentes tipos de produtos estes terão que abastecer diferentes mercados sendo necessário controlar custos de inventário devido à incerteza da procura. A disponibilidade do produto, a experiência do consumidor ao efectuar a encomenda e de realizar ou não customização do produto, o tempo de chegada do produto ao mercado, visibilidade da encomenda ou até mesmo retornabilidade do produto são outros fatores que foram considerados por Chopra & Meindl (2016).

É, portanto, de esperar que existam diferentes estruturas de distribuição para cadeias de abastecimento que operam no mesmo mercado. Estas estruturas podem variar consoante o número de entidades existentes na cadeia, a sua localização e a sua capacidade (Martins & Borges, 2011).

3.4 Rede *Hub and Spoke*

Ao longo da secção 2, foram abordados dois novos conceitos: o de “*hub*” e de “*Hub and Spoke*” ambos adotados por ambas as empresas em estudo.

O conceito de *hub* segundo Nam & Song (2011) é considerado algo heterogéneo visto que pode ser utilizado em contextos de transporte e de armazenamento. Centro de logística, zona de logística, terminal de mercadorias, centro de distribuição, armazém, terminal multimodal entre outros são as denominações que a palavra *Hub* pode substituir ou representar (Nam & Song, 2011). Nesta entidade realiza-se a

consolidação de grandes quantidades de mercadoria provenientes de diferentes origens de forma a que se possam beneficiar economias de escala no transporte (Wasner & Zäpfel, 2004).

No caso do conceito *hub and spoke*, este já referido na secção 2.3.1 e onde as figuras centrais são os *hubs*, a comunicação quer a nível informacional quer a nível de produto é realizada com outros armazéns distribuídos por determinadas áreas. Esta rede encontra-se totalmente dependente destas entidades, encontrando-se bastante vulnerável caso existam quaisquer disrupções ou desgastes ao longo das operações (An et al., 2015).

Wasner & Zäpfel, (2004) para além da rede original de *hub and spoke*, referem uma adaptação deste conceito. A introdução de ligações diretas entre os armazéns para além da ligação existente que estes têm com o *hub*, dá origem a uma rede com dois tipos de ligações diferentes, rede de “*hub and spoke*” híbrida. A adoção de uma rede híbrida pode ser benéfica pois, numa rede original de *hub and spoke*, todas as unidades logísticas são transportadas para um *hub*, mesmo que estas se encontrem próximas de armazéns recetores. Com existência desses dois tipos de ligações, as unidades logísticas já não se precisam de deslocar para o *hub*, reduzindo as distâncias percorridas e os custos associados (Wasner & Zäpfel, 2004).

Para a implementação dos dois sistemas será necessário decidir a constituição da rede e como é que esta se vai comportar a nível operacional. Para isso será necessário determinar a localização dos armazéns e dos *hubs*. Autores como Cunha & Silva (2007) apresentam como solução uma heurística baseada em algoritmos genéticos para calcular o número de *hubs* e armazéns existentes na rede, a sua localização e como será feita a atribuição de ligações entre estas entidades, minimizando o seu custo operacional (Wasner & Zäpfel, 2004).

Para além disso, terá que ser decidido a alocação dos consumidores aos armazéns da rede, a determinação das rotas de transporte que minimizem as deslocações entre armazéns, *hubs* e consumidores, o método de alocação dos *spokes* (rotas entre armazéns e *hubs*) de forma singular, alocação dos *spokes* apenas a um *hub*, ou de forma múltipla, alocação de *spokes* a vários *hubs* e o número de camiões disponíveis para realizar as operações (Wasner & Zäpfel, 2004; Cunha & Silva, 2007). Caso seja decidida a opção de uma rede híbrida, os gestores terão de ter em conta o planeamento do transporte realizado nas rotas entre os armazéns (Wasner & Zäpfel, 2004).

3.5 Cross-Docking

Na chegada aos centros de distribuição, tradicionalmente, os produtos são descarregados, armazenados e após a requisição do consumidor, estes são encaminhados até às portas de saída do centro de distribuição para expedição.

Este conjunto de operações eram comuns em grande parte das empresas logísticas, no entanto a procura por eficiência dentro de uma cadeia de abastecimento ditou a realização de diversas análises em redor do tempo de armazenamento de produtos. O armazenamento prolongado de produtos é uma operação que aumenta custos de inventário, reduz o espaço em centros de distribuição e aumenta a necessidade de

equipamentos e de mão-de-obra para realizar atividades de manuseamento e armazenamento de produtos que, com isso, aumentam o risco de danificação dos mesmos (Galbreth et al., 2008).

A operação de *cross-docking*, como já referida anteriormente na secção 2.4.3, é uma estratégia de logística na qual a mercadoria é descarregada dos veículos presentes na entrada dos centros de distribuição e é (quase) diretamente carregada nos veículos presentes à saída dos centros de distribuição, existindo pouco ou nenhum armazenamento entre estas atividades (Van Belle et al., 2012). Esta estratégia elimina de imediato os processos de armazenamento e de recolha de encomendas (*order picking*) que segundo Schaffer (2000) são os processos mais dispendiosos nas operações de manueamento de produtos. A eliminação destas operações sem valor (resíduos) indica a existência de processos *lean* (eficientes) numa estratégia de *cross-docking* (Farahani, et al., 2011).

Com referido em cima, o armazenamento de produtos em regra geral nesta estratégia é eliminado, no entanto poderá haver excepções neste tema. Segundo Apte & Viswanathan (2000), Li Y & Rodrigues (2004), Vahdani & Zandieh (2010) e Wen et al., (2009), o tempo de armazenamento necessário para ainda ser considerada uma estratégia de *cross-docking* é de 24 horas, no entanto, existem empresas que armazenam grandes quantidades de produtos durante meses e que, mesmo assim, por se permanecerem intocáveis desde da produção até ao consumidor são consideradas estratégias de *cross-docking* (Witt, 1998).

A existência de armazenamento de alguns produtos por vezes é necessária pois não é possível atingir a sincronização perfeita entre os veículos de entrada e saída do centro de distribuição. Para além disso existem expedições de produtos que precisam de realizar na zona de preparação, atividades de separação, consolidação e armazenamento até que o fluxo final esteja concluído (Van Belle et al., 2012). Esta consolidação pode ser feita entre diversos tamanhos de expedição de produtos com o mesmo destino, executando carregamentos completos em camiões (*FTL*) promovendo economias de escala no transporte de produtos e reduzindo, assim, os seus custos associados (Boysen & Fliedner, 2010). Na Figura 4 está representado este modo tradicional de processamento de produtos. A existência de consolidação de produtos num centro de distribuição substitui o conceito de ponto-a-ponto ou entrega direta de uma rede de distribuição, onde as próprias entidades realizavam as suas entregas singulares, de uma entidade para outra, sem a existência de um intermediário, para um novo conceito de distribuição chamado *hub and spoke* referido na secção 3.4, onde garante a existência de um centro de distribuição central na rede de distribuição e se organizam as encomendas, estabelecendo posteriormente o contacto com diversas entidades executando múltiplas entregas entre as mesmas (Galbreth et al., 2008; Rushton et al., 2014).

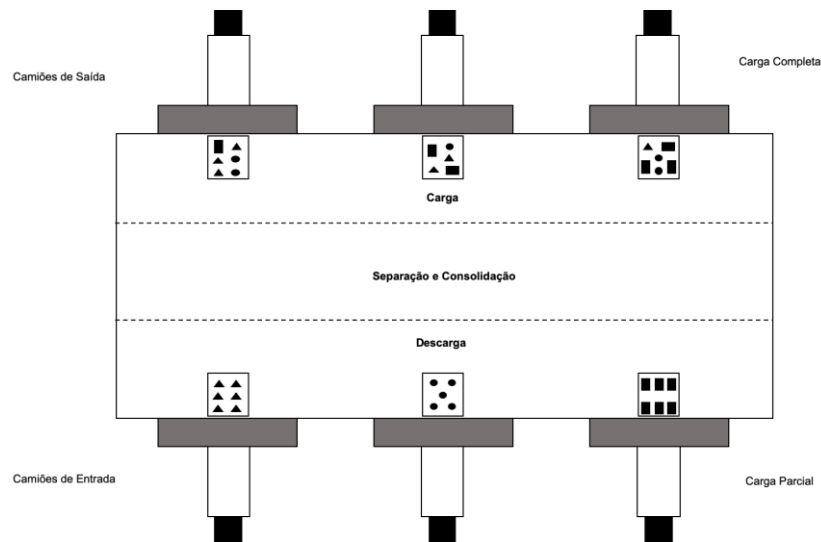


Figura 3- Estratégia de *cross-docking* tradicional

É de notar que esta estratégia garante uma maior agilidade nas operações internas nos centros de distribuição com isso, inúmeras vantagens são conseguidas para além das reduções de custo abordadas anteriormente. O dinamismo imposto pela estratégia permite reduzir os tempos de aprovisionamento, aumentar o nível de serviço para os consumidores e aumentar a rotatividade do inventário (Vis & Roodbergenb, 2008; Yu & Egelub, 2008). Por fim, a sincronização entre as operações permite melhorar as relações existentes com os fornecedores e garante a possibilidade de tomar decisões em tempo real (Vis & Roodbergenb, 2008). Esta sincronização apenas é garantida se existir uma coordenação externa entre os horários de camiões e as operações internas do centro de distribuição. Para isso a construção de modelos de horários de camiões (*truck scheduling*) pode ser uma solução para este problema (Boysen & Flidner, 2010).

Todas as vantagens desta estratégia ajudam a garantir um canal de distribuição flexível e eficiente no entanto, nem sempre é possível implementar este tipo de estratégia. Para isso é necessário realizar uma análise profunda sobre os diversos fatores internos e externos que poderão influenciar a sua implementação. Na próxima secção serão referidas as melhores abordagens para uma implementação bem conseguida de uma estratégia de *cross-docking*.

3.5.1 Utilização de *Cross-docking*

O uso de *cross-docking* não é apenas realizado em centros de distribuição. Nos aeroportos são criadas diferentes configurações de *layouts* de estruturas para que o transporte de passageiros e de bagagem seja eficiente (Ashford et al., 2011). Contudo, a utilização deste tipo de estratégia necessita de características bastante específicas para que os seus benefícios sejam alcançados.

Segundo Apte & Viswanathan (2000), a taxa de procura do produto, o custo de esgotamento de produtos, a distância dos centros de distribuição aos consumidores, o serviço necessário para o produto e a

densidade do negócio na região são fatores que influenciam a aptidão desta estratégia. No contexto da taxa de procura, o uso de *cross-docking* apenas é bem conseguido se as taxas de procura forem estáveis. Isto porque, tratando-se de uma estratégia baseada no sincronismo entre as operações de entrada e de saída, se existir alguma inconformidade nesses fluxos esta estratégia não irá resultar. Este tipo de procura previsível é encontrada em produtos alimentares perecíveis e refrigerados. No caso do custo de esgotamento de produtos, a estratégia de *cross-docking* ao utilizar uma política de redução de inventário (menores *stocks*) está sujeita a uma maior probabilidade de esgotamento de produtos. No entanto, se este custo de perda por produto for baixo, esta estratégia pode ser ainda preferível caso os benefícios acarretados pela redução do custo de transporte compensem este custo de perda.

A instabilidade em um destes fatores até agora explicados, poderá ser controlada caso existam sistemas de planeamento eficazes capazes de proporcionar uma melhor previsão da realidade. No caso da distância entre os centros de distribuição aos consumidores, a estratégia de *cross-docking* beneficia as entidades que estão presentes quer perto dos consumidores, podendo usufruir de economias de escala caso a procura também seja estável, quer longe dos consumidores, utilizando processos de consolidação de mercadoria para atingir custos de transportes reduzidos.

No contexto dos serviços necessários aos produtos tem impacto no custo de esgotamento ou de perda da venda e está diretamente associado com a procura. Quanto maior for a especificação do serviço, maior será a variação da procura e mais difícil será executar a estratégia de *cross-docking*. Por fim, em termos de densidade do negócio, quanto maior a densidade do negócio mais procura irá surgir. Segundo Xu & Evers (2003), a agregação da procura neste caso é a solução, fazendo diminuir o número de inventário necessário comparando com o caso de desagregação de procura. Esta solução, aplicando também a consolidação de produtos, permite a deslocação de veículos singulares a diversos retalhistas (Kreng & Chen, 2008).

Outros autores como Galbreth et al., (2008), Kreng & Chen (2008), Waller et al., (2006) utilizam abordagens quantitativas para mencionar a aptidão da estratégia de *cross-docking* nas entidades logísticas enquanto Schaffer (2000), Witt (1998) e Yu & Egelub (2008) apresentam abordagens qualitativas para que a estratégia seja bem sucedida.

Começando por Galbreth et al., (2008), estes autores mencionam uma abordagem comparativa entre os custos de transporte e os custos de manuseamento de produtos entre cadeias de abastecimento que utilizam *cross-docking* nos seus centros de distribuição e cadeias de abastecimento que fornecem os produtos diretamente dos fornecedores aos consumidores. Os resultados obtidos foram alcançados através de programação linear e concluiu-se que a baixa variação da procura juntamente com os elevados custos de manutenção dos produtos no consumidor são os fatores que valorizam a utilização de *cross-docking*. No entanto a existência de uma procura média próxima do FTL é um fator para desconsiderar na utilização de *cross-docking*.

Kreng & Chen (2008), para além dos custos referidos por Galbreth et al., (2008), referem que os custos de configuração em fornecedores também devem ser considerados visto que com o uso de *cross-docking* o transporte de mercadoria realiza-se de uma forma mais frequente utilizando tamanhos de lote mais pequenos o que implica, da parte do fornecedor, o aumento de custos de preparação. Waller et al., (2006) por sua vez, baseia-se na redução de inventário para indicar que a estratégia de *cross-docking* é mais benéfica que outras.

Em aspectos mais qualitativos, Schaffer (2000) indica que para uma estratégia de *cross-docking* ser sucedida tem que existir uma completa sincronização das operações e indica seis fatores necessários para a obtenção de sucesso. A existência de parcerias entre os membros da cadeia de distribuição, a confiança na qualidade e disponibilidade do produto, a comunicação entre parceiros, o controlo e comunicação sobre as operações de *cross-docking*, a existência de equipamentos e mão-de-obra qualificada para execução das operações e uma boa gestão tática das mesmas são os fatores importantes para este autor.

Witt (1998) e Yu & Egbelub (2008) por outro lado, abordam o sucesso desta estratégia através de um bom planeamento. A existência de sistemas e software de informação ou até mesmo, equipamentos que facilitam operações de manuseamento e separação de produtos são essenciais para o sucesso do *cross-docking*. Estes sistemas e softwares de informação necessitam de informação constante para que possam cumprir com os seus objetivos. Estas informações podem ser recolhidas através da leitura de códigos de barras presentes nos produtos e serem transferidas através de sistemas de intercâmbio de dados (EDI) entre as diversas entidades de forma a garantir coordenação entre as mesmas. A existência destas tecnologias devem ser, no entanto, discutida entre as diversas entidades para que haja permissão na utilização destas informações (Apte & Viswanathan, 2000).

3.5.2 Tipos de *Cross-Docking*

Gue & Kang (2001) baseiam-se em filas de espera nas zonas de preparação (*staging queues*) para diferenciar dois tipos de sistemas de *cross-docking* existentes. O primeiro sistema de *cross-docking* referido é o *cross-docking* de estágio único (*single-stage cross-docking*) onde as paletes são descarregadas dos camiões e posicionadas em plataformas de transporte subdividas em filas consoante a sua porta de origem ou de saída e posteriormente são transportadas pelos operadores do centro de distribuição até as respectivas portas de saída. A orientação das filas deve realizada por portas de origem quando o destino ainda é desconhecido, e por portas de saída, quando as paletes que chegam ao centro de distribuição já conhecem o seu destino ou já se encontram pré-embaladas (Yang et al., 2010). O outro sistema de *cross-docking* é o *cross-docking* de dois estágios (*two-stage cross-docking*) onde as paletes, são descarregadas dos camiões e posicionadas nas filas das plataformas de transporte consoante a sua porta de origem, onde posteriormente sofrem um processo de triagem onde a mercadoria é separada ou reembalada consoante as portas de saída e são posicionadas nas filas respectivas dessa segunda plataforma onde de seguida, serão carregadas pelos operadores nos camiões de saída. Na Figura 4 encontram-se representados esses dois tipos de sistemas de *cross-docking*.

Gue & Kang (2001) refere que o sistema de dois estágios garante vantagem sobre o estágio único pelo facto de ser possível organizar a mercadoria na receção e antes da expedição. A organização da mercadoria no ato de receção permite facilitar o trabalho dos operadores de carregamento, rotulando a mercadoria antes de serem posicionadas nas plataformas. Antes da expedição, a organização da mercadoria também é importante pois fornece uma visão geral sobre qual a mercadoria que está preparada para o carregamento, tornando o processo de empacotamento mais eficiente, o que ajuda na redução de custos de transporte. Este sistema de dois estágios, no entanto revela uma produtividade reduzida comparando com o de estágio único devido a estas paragens quer na receção quer antes da expedição, a necessidade de maior espaço para realizar estas operações de triagem e a necessidade de uma segunda plataforma de transporte pode alargar a estrutura do centro de distribuição aumentando o tempo de deslocação e o esforço feito pelos operadores (Yang et al., 2010). Yang et al., (2010) ainda aborda um sistema de *cross-docking* livre onde não existem plataformas de transporte com subdivisão de filas e as paletes são organizadas e reembaladas perto das portas de entrada ou saída do centro de distribuição. Para além destes três sistemas, Napolitano (2000) sugere que as paletes depois de descarregadas são deslocadas para zonas específicas de triagem e embalagem antes de irem para as zonas de expedição.

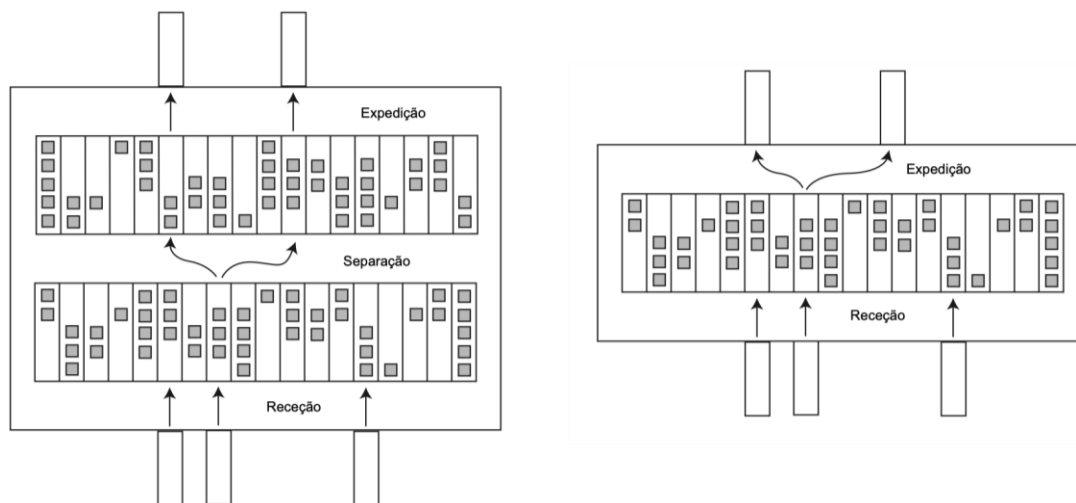


Figura 4- Sistema de *cross-docking* de dois estágios (esquerda) e estágio único (direita) [Adaptado: Gue & Kang]

Yan & Tang (2009) e Fanti et al., (2014) realizam a distinção de outros dois tipos de *cross-docking*. Estes são baseados na atribuição ou na não-atribuição de informação da mercadoria (Farahani et al., 2011). Para estes autores, os tipos de *cross-docking* são caracterizados em pré-distribuição e pós-distribuição. Nos *cross-docking* de pré-distribuição, os fornecedores ficam encarregues da preparação e da triagem incluindo ações como fixar os códigos de barras às paletes ou a produtos, rotulação, colocação de preços e separação de produtos consoante os seus destinos, de forma a facilitar o processo de carregamento no centro de distribuição onde se irá realizar *cross-docking* (Yan & Tang, 2009). No caso de *cross-docking* pós-distribuição, as ações de desconsolidação, triagem e consolidação da mercadoria é feita no centro de distribuição onde é realizado o processo de *cross-docking*, não existindo qualquer tipo de tratamento de informação por parte dos fornecedores (Fanti et al., 2014). Segundo a análise feita por Yan & Tang (2009)

cross-docking com pré-distribuição é executado em situações onde a procura é estável e o tempo de aprovisionamento é curto tirando benefício da preparação antecipada realizada pelos fornecedores enquanto *cross-docking* com pós-distribuição é executado para produtos com procura instável e tempos de aprovisionamento mais longos pois as operações realizadas são adiadas para os centros de distribuição com *cross-docking* e com isso existe associado um incremento do custo operacional comparando com *cross-docking* de pré-distribuição. No *cross-docking* de pós-distribuição, ao contrário do de pré-distribuição, o retalhista pode deter alguma parte do inventário que provém do fornecedor partilhando o risco e os custos operacionais com outras entidades (Yan & Tang, 2009).

Por fim Napolitano (2000) classifica os tipos de *cross-docking* em *cross dock* de fabricação, onde os produtos são recebidos e consolidados, *cross dock* de distribuição, onde os produtos provenientes de diferentes fornecedores são consolidados e entregues ao consumidor, *cross dock* de transporte, onde os produtos chegam ao centro de distribuição em carga parcial e são expedidos em carga completa de forma a beneficiar de economias de escala de transporte e *cross dock* de retalho onde o centro de distribuição recebe, separa e consolida os produtos expedindo-os para as diferentes lojas de retalho.

3.5.3 Estrutura do Cross-Docking

Uma estratégia para ser implementada necessita de uma estrutura física para desempenhar as suas funções. Boysen & Stephan (2011) e Van Belle et al., (2012) referem a importância das estruturas físicas do centro de distribuição (número de portas e a sua tipologia) bem como as estruturas internas, referindo-se às diferentes disposições internas que os centros de distribuição podem tomar para que o trajeto dos produtos seja mais eficiente. Muitas das vezes esta eficiência é acompanhada pelo uso de veículos dentro dos centros de distribuição algo que é referido pelos autores apresentados anteriormente e que é uma abordagem importante quando se trata do manuseamento de produtos com características específicas.

No caso das estruturas físicas, estas são essenciais na resolução de problemas como a atribuição de portas a camiões (*door assignment problems*), para facilitar o manuseamento de produtos, ou como no agendamento de horários a camiões (*truck scheduling problem*), onde a utilização de recursos (portas) deverá ser otimizada de forma a minimizar o tempo de espera (Van Belle et al., 2012). Sendo o foco deste projecto mais direccionado para a eficiência na movimentação da mercadoria dentro do centro de distribuição, não irá existir uma explicação detalhada sobre estes dois tipos de problemas no entanto para a construção de uma estratégia eficiente de *cross-docking*, é essencial considerá-las.

As portas do centro de distribuição segundo Bartholdi & Gue (2001), Larbi et al., (2007) e Van Belle et al., (2012) poderão ser de dois tipos, portas compostas por faixas (*strip doors*) que não compõe de uma estrutura rígida, ou portas de alças (*strap doors*) que possuem uma estrutura rígida e são abertas com a ajuda de alças. As portas compostas por faixas são usadas em movimentos de descarga de camiões enquanto as portas de alças são usadas em movimentos de carga de camiões (Larbi et al., 2007). O número de portas existentes num centro de distribuição deverá ter em consideração o número de camiões que conseguem ser servidos simultaneamente (Boysen & Stephan, 2011).

Ainda referente às estruturas externas, Gue (1999) refere dois grandes tópicos, a disposição destes dois tipos de portas ao longo do centro de distribuição e a atribuição dos destinos às portas de alças. Estes dois aspectos influenciam o fluxo de material no terminal mas também as distâncias percorridas pelos os trabalhadores no transporte da mercadoria. O papel de coordenação entre estes dois tópicos poderá ser dificultado caso sejam considerados outros aspectos como a rotatividade da mercadoria ou o tipo de mercadoria visto que existem mercadorias que necessitam de um rápido processamento ou, mediante o tipo de mercadoria presente nos camiões, pode ser mais benéfico executar primeiro um certo carregamento de produtos em vez de outros, de forma a uniformizar mais os métodos de manuseamento (Gue K. R., 1999).

O transporte interno de mercadoria é uma vertente a considerar quando referimos o conceito de eficiência interna de um centro de distribuição. O tempo de transporte de mercadoria pode variar consoante o seu tipo e as regras impostas no centro de distribuição (Bartholdi & Gue, 2001). Para expedições paletizadas ou produtos de grandes dimensões a utilização de empilhadoras, de porta-paletes ou de veículos autónomos (*AGV – Automated Guided Vehicle*) são as abordagens mais corretas no entanto quando se trata de expedições de pequenas dimensões, a utilização de tapetes transportadores ao longo do centro de distribuição pode ser a solução. Muitos destes tapetes transportadores automáticos realizam operações de triagem (*sorting*) consoante o destino dos produtos sendo que alguns, posteriormente, realizam o carregamento automático nos camiões sem qualquer operação adicional (Boysen & Stephan, 2011). Estas opções de transporte realizadas por sistemas de manuseamento nem sempre estão ao alcance de todas as empresas visto que a sua aquisição envolve um investimento elevado (Bartholdi & Gue, 2004).

O fluxo de produtos presente nos centros de distribuição é bastante elevado e a otimização de processos de porta-a-porta não é a resposta mais correta para a diminuição do tempo de transporte. Esta otimização muitas das vezes implica a diminuição de espaço dentro do centro de distribuição, o que pode provocar o congestionamento das operações e a existência de interferências entre os transporte internos. Esta adversidade provoca o aumento de custo de mão-de-obra, desaparecimento de produtos ou no pior dos casos à paragem completa das operações (Bartholdi & Gue, 2001). Esta congestão poderá ser minimizada se as taxas de descarregamento forem reduzidas ou então se existesse uma paragem completa de certos processos de descarregamento que contribuíram para esse estado (Bartholdi & Gue, 2001).

Tanto McWilliams et al., (2005) como Yu & Egbelub (2008) apresentam soluções relativamente à congestão aplicando algoritmos que minimizem o tempo de transporte de produtos dentro do centro de distribuição relacionando os horários de camiões de entrada e saída. McWilliams et al., (2005) e Yu & Egbelub (2008) concordam que para problemas mais complexos, a construção de algoritmos matemáticos é ineficiente devido ao aumento de tempo computacional necessário para a obtenção de uma solução e que será necessário a aplicação de algoritmos heurísticos. Yu & Egbelub (2008) desenvolveu um algoritmo heurístico que constatou que as soluções obtidas eram bastante próximas das soluções ótimas.

3.6 Operações em Armazéns

O termo “armazém” é usado se a sua função principal é a retenção ou armazenamento de produtos. No entanto se a distribuição for a sua função principal, o termo “centro de distribuição” é o mais usado enquanto os termos “centro de transbordo” (*transshipment centre*), “centro de *cross-dock*” (*cross-dock centre*) ou “centro de plataforma” (*platform centre*) são geralmente usados se o armazenamento de produtos for raramente realizado (Koster et al., 2007). No caso da estratégia de *cross-docking*, onde os produtos depois de recebidos são diretamente transferidos para zona de expedição, o conceito de recolha de encomendas também é muito pouco utilizado (Koster et al., 2007).

Portanto, sendo esta dissertação relativa a uma empresa que realiza *cross-docking* nos seus centros de distribuição, nas secções seguintes pouco será referido sobre as operações de recolha de encomendas (*order picking*) e operações de armazenamento (*storage*). No entanto devido à falta de literatura sobre as estruturas internas de *cross-docking* discutido por Ladier & Alpan (2016), o termo “armazém” (*warehouse*) irá continuar a ser referido ao longo das secções pois a sua estrutura é semelhante à de um centro de distribuição e trata-se de uma palavra essencial quando é necessário realizar uma pesquisa referente às estruturas internas destas entidades.

As operações num centro de distribuição de *cross-docking* são caracterizadas por ter uma elevada rotatividade. São maioritariamente referentes à receção e expedição de produtos/paletes no entanto, poderá existir a introdução de operações de triagem que facilitem o processo de expedição. A introdução de outras operações como de recolha de encomendas não é usual neste tipo de estratégia, no entanto poderá também fazer sentido em algumas situações. Nesta secção serão referidas as operações de receção e expedição bem como alguns casos de recolha de encomendas. Para além disso, será abordada a flexibilidade necessária quer na estrutura quer nas operações desta entidade mediante diversos fatores.

No ato de receção e expedição de encomendas, a informação detida nestas operações, segundo Gu et al., (2010), é referente ao tempos de chegada e conteúdo da carga, à procura dos consumidores - encomendas e tempo esperado para expedição – aos recursos disponíveis e à estrutura disposta nos armazéns. Estas informações referentes aos produtos são conseguidas através da leitura dos código de barras juntamente com sistemas computacionais de análise, da transferência de informações entre sistemas (EDI) como o envio de notificações para o melhor controlo sobre os produtos descarregados (*Advance Shipping Notice – ASN*) ou até mesmo, através das informações que estão presentes nos próprios contentores (*shipping container marking – SCM*) (Apte & Viswanathan, 2000; Gu et al., 2010). Mediante estas informações, o planeamento da utilização de recursos será facilitado e deverá conter decisões relacionadas com a quantidade e com os tipos de equipamentos a serem utilizados.

O número de produtos manuseados e o número dos seus respectivos destinos são restrições que influenciam o uso destas tecnologias de informação. Com a existência de um elevado número de produtos e destinos a informação adquirida aumenta significativamente, sendo vantajoso a introdução de procedimentos e sistemas de informação na organização da mesma (Apte & Viswanathan, 2000).

Entre a recepção e a expedição das encomendas, se o fluxo direto de materiais entre as portas de entrada e de saída do centro de distribuição não for possível poderá existir a retenção de curta duração das encomendas. Os operadores, para proceder à construção de paletes, terão que efectuar a deslocação até essas áreas de retenção. Autores como Vis & Roodbergenb (2008) e Horta et al., (2016) apresentam soluções para a operação de recolha de encomendas tendo como objetivo a minimização da distância percorrida pelos os operadores enquanto Sandal (2005) apresenta a importância de zonas perto das portas de expedição com base na prioridade das encomendas. Vis & Roodbergenb (2008) apresenta um algoritmo de atribuição de armazenamento que pode ser utilizado diversas vezes por dia visto que existe um constante movimento das unidades de carga e aborda a aplicação do mesmo em diferentes tipos de estruturas internas do centro de distribuição. Para além de obter soluções relativas à menor distância percorrida este modelo também tem em conta a minimização do custo durante a operação. Comparando com métodos heurísticos usados nestas situações, este algoritmo apresenta melhorias até 40%.

No caso de Horta et al., (2016), estes autores apresentam uma solução para uma empresa de retalho alimentar portuguesa onde é criado um modelo de programação inteira onde a minimização da distância total é separada em dois grupos: a distância percorrida na operação da recolha e a distância percorrida durante a expedição. Este modelo baseia-se na divisão de espaço interno do centro de distribuição por tipo de unidades logísticas (produtos em caixas de cartão e produtos em caixas de plástico) de forma a tornar a construção das paletes mais eficiente. Este modelo também tem em conta a prioridade das encomendas mantendo as unidades logísticas prioritárias mais próximas das portas de expedição. Com a aplicação deste modelo, a distância total percorrida reduziu 23% comparando com a situação inicial.

Por fim, Sandal (2005) apresenta um modelo que maximiza o lucro da operação de cross-docking através da redução de custos de manuseamento, de espaço ocupado e também da maximização espaço usado dos camiões de saída. Este modelo é acompanhado com a utilização de diferentes cenários de zonas de preparação onde no primeiro todas encomendas são preparadas antes de serem carregadas, no segundo as encomendas ou são carregadas diretamente ou são preparadas consoante a sequência de carregamento agendada sendo definidas zonas e no terceiro, as encomendas não são preparadas e são diretamente carregadas no camião de saída. Nesta análise ficou comprovado que o segundo cenário é o mais vantajoso comparando com o carregamento directo, aumentando em 90% a utilização dos camiões e com o uso de carregamento em simultâneo, o segundo cenário, reduz o tempo de total operação em 21% comparando com as práticas iniciais de preparação.

Estas práticas relativas ao manuseamento de produtos implicam a existência de flexibilidade operacional devido a imprevisibilidade dos fluxos de materiais. Baker P. (2006) aborda o tema “flexibilidade” mencionando a agilidade presente nas cadeias de abastecimento. Esta agilidade pode ser satisfeita se nos centros de distribuição existir uma capacidade extra no espaço do centro de distribuição ou por exemplo capacidades extra nas máquinas de triagem, o uso de recursos adicionais quando necessários e o uso de recursos flexíveis como operadores com horas flexíveis e máquinas que podem desempenhar outras funções para além das suas principais (Baker, 2006).

3.7 Desempenho nas Cadeias de Abastecimentos

Nesta secção serão referidos os conceitos de medidas de desempenho e sistemas de medição de desempenho bem como alguns exemplos dos sistemas de medição mais referenciados.

3.7.1 Medidas de Desempenho

Estando as empresas logísticas presentes numa economia global e de intensa competitividade, a resposta rápida às necessidades dos consumidores e a constante procura por inovação de serviços levaram as empresas a reconhecer a importância de uma boa gestão nas suas cadeias de abastecimento (Lee H. , 2000). A avaliação dos resultados da gestão de uma cadeia de abastecimento é essencial para perceber o estado positivo ou negativo em que uma cadeia se encontra no entanto, mediante a elevada quantidade de entidades presentes nas cadeias de abastecimento e tendo cada uma diferentes interesses, torna-se difícil para as mesmas avaliar de forma eficiente o desempenho das suas atividades num contexto geral de cadeias de abastecimento (Cooper et al., 1997). Todos os intervenientes de uma cadeia de abastecimento devem portanto estar envolvidos e empenhados em objetivos comuns, como a satisfação do consumidor, de forma a que a cadeia possa melhorar o seu desempenho (Gunasekaran et al., 2004). Davenport et al., (1996) reconhece que a falta de medidas de desempenho devido ao elevado número de entidades presentes nas cadeias de abastecimento, é um dos maiores problemas na gestão de processos.

Disto isto, é necessário criar medidas de desempenho ao nível da cadeia de abastecimento. Estas medidas não devem ser tomadas apenas por uma entidade responsável pelo seu desenvolvimento mas sim por todas as entidades intervenientes de forma a garantir um bom planeamento e coordenação das medidas para que todas estas sejam cumpridas por todas as entidades (Gunasekaran et al., 2004). Estas medidas e métricas têm influência no planeamento e no controlo estratégico, tático e operacional das entidades, tendo um papel importante no estabelecimento de objetivos, na avaliação do desempenho e na determinação de futuros cursos das ações (Gunasekaran et al., 2004).

3.7.2 Sistemas de Medição de Desempenho

Um sistema de medição de desempenho, segundo Neely et al., (1995), é um conjunto de métricas usadas para quantificar ações tomadas baseadas nas suas eficiências e eficácias. Esta eficiência diz respeito à medição de como os recursos das empresas foram utilizados enquanto a eficácia é referente à correspondência aos requisitos dos consumidores (Neely et al., 1995).

A introdução de sistemas de controlo é importante para que estas métricas sejam aplicadas ao longo de toda a cadeia de abastecimento sem que a tomada de decisões seja comprometida (Gunasekaran et al., 2004). Estes sistemas deverão apresentar diferentes perspectivas de forma a fornecer aos gestores informações suficientes para resolução de problemas (Kaplan & Norton, 1996). Esta abrangência de perspectivas pode levar à criação ineficiente de um elevado conjunto de medidas de desempenho. Holmberg (2000) aborda este problema tentando minimizar o número de medidas existentes, e refere

problemas relacionados com a falta de ligação entre a estratégia empresarial e o sistema de medição de desempenho e a parcialidade existente nas métricas financeiras. Gunasekaran & Kobu (2007) e Gunasekaran et al., (2004) referem também que a inconsistência e a insuficiência de certas medidas e métricas e a falta de equilíbrio entre medidas de teor financeiro e não-financeiro (medidas operacionais) são prejudiciais à eficácia e à eficiência desejada nas cadeias de abastecimento.

Dito isto, é necessário identificar medidas de desempenho que causem maior impacto em áreas de planeamento e controlo estratégico, tático e operacional de forma a que a avaliação feita às cadeias de abastecimento revele sucintamente o seu estado perante os objetivos que foram estabelecidos (Gunasekaran et al., 2004). Nas secções seguintes serão referidos diferentes tipos de sistemas de medição de desempenho que ajudam nesta identificação de medidas.

3.7.2.1 *Balanced Scorecard (BSC)*

Por muitos anos, a medição de desempenho tradicional focava-se apenas num contexto financeiro, apresentando os resultados obtidos através de rácios de retorno de investimento, o valor atual líquido, a taxa interna de retorno ou pelo período de retorno (Bhagwat & Sharma, 2007).

Nos dias de hoje, as empresas para realizarem uma análise detalhada sobre o seu desempenho não conseguem apenas ser retratadas pelo seu perfil financeiro. A existência de diversos ativos intangíveis como serviços, capital intelectual, agilidade operacional nas respostas às adversidades e outros são pressupostos que ajudam a indicar o estado real da empresa no mercado, mas que não são tidos em conta ao nível de um balanço financeiro e, portanto, não transmitem grande apreensão para os *stakeholders*. (Chavan, 2009). O sistema, proposto por Kaplan & Norton (1992) fornece aos gestores um equilíbrio nas suas tomadas de decisões dando ênfase quer a fatores financeiros quer a fatores não-financeiros. Este equilíbrio é feito através da adoção de medidas de desempenho de quatro perspectivas diferentes: uma perspectiva ao nível do consumidor - em que o objetivo é atingir resultados para valorizar o consumidor - ao nível de processos internos de negócio - para promover eficiência e eficácia nesses processos – ao nível de inovação e aprendizagem – atingindo os objetivos através de processos revolucionários e melhoramentos contínuos - e ao nível financeiro, de forma a acrescentar valor para os *stakeholders* (Kaplan & Norton, 1992). Esta amplificação do âmbito para as diferentes perspetivas permite transmitir à empresa uma dimensão estratégica de longo-prazo, que outrora era inalcançável, demonstrando o estado estratégico da empresa juntamente com os seus resultados. O sistema ao concentrar-se em áreas mais operacionais, permite à empresa avaliar o seu desempenho a nível dos recursos utilizados facilitando o planeamento futuro dessas ações (Chavan, 2009). A medição de desempenho nestas perspetivas permite transmitir informação sobre o funcionamento das atividades que dizem respeito quer às expectativas do consumidor quer aos objetivos estratégicos estabelecidos e indicar quais as áreas do negócio que necessitam de melhorar (Chan, 2003). Segundo Bhagwat & Sharma, (2007), na criação das medidas de desempenho, estas deverão ser quantificáveis, de fácil compreensão e a sua recolha e análise de dados deverá ser realizada de forma económica.

Consoante os objetivos futuros e a tomada de decisão que será realizada, este sistema atribui pesos às medidas que foram estabelecidas, de modo que os gestores consigam diferenciar a importância destas medidas (Bhagwat & Sharma, 2007; Chavan, 2009). Apesar disso, este sistema, segundo Striteska & Spickova (2012) é referido como uma ferramenta de controlo em vez de melhoramento de operações.

3.7.2.2 Supply Chain Operations Reference - SCOR

“(…) é uma abordagem pragmática começar com a medição de desempenho da própria empresa na cadeia de abastecimentos. De todas as abordagens disponíveis, SCOR é a mais compreensiva, bem reconhecida na indústria e tem sido usada por diversas empresas para melhorar o seu desempenho na cadeia de abastecimento.” (Kocaoğlu et al., 2013).

O modelo SCOR foi desenvolvido pelo Conselho de Cadeias de Abastecimento (*Supply Chain Council*) e fornece uma abordagem processual para uma melhor gestão de cadeias de abastecimento enquanto ajuda as empresas a melhorar a sua eficiência nas suas respetivas cadeias de abastecimento (Stewart G. , 1997). Esta abordagem processual é composta por cinco processos integrativos, que ajudam a definir uma cadeia de abastecimento, o planeamento, o fornecimento, a produção, a distribuição e a devolução, englobando uma cadeia de valor desde o fornecedor até ao consumidor (Robinson & Malhotra, 2005). Para cada um dos processos existe uma divisão de quatro níveis sendo que os primeiros três se encontram englobados no âmbito em que o modelo está inserido (Lockamy III & McCormack, 2004) .

O primeiro nível é referente ao âmbito e ao conteúdo dos processos referidos, o segundo nível é referente à configuração das operações dos processos e lida com a categorização dos mesmos, o terceiro nível indica informações relacionadas com cada categoria indicada no nível dois e finalmente no quarto nível, realiza-se a implementação das práticas de forma a atingir uma vantagem competitiva e uma adaptação às condições do negócio (Lockamy III & McCormack, 2004). Este último nível não se encontra no âmbito do modelo SCOR pois as empresas necessitam da implementação de práticas de gestão de cadeias de abastecimento consoante as suas prioridades competitivas e de negócio de forma a atingir o desempenho esperado, algo que não é possível através do modelo SCOR visto que este apenas aborda a descrição, medição, avaliação do formato de uma cadeia de abastecimento (Lockamy III & McCormack, 2004).

O modelo SCOR indica se a empresa, na realização das suas operações utiliza os recursos que estão ao seu dispor de forma eficiente para a criação de valor para o consumidor (Lai et al., 2002). Esta indicação é feita através de medidas de desempenho divididas em dois grupos: medidas referentes à eficácia, preocupando-se sobre a entrega de produtos/serviços aos consumidores (*customer-facing*) e medidas referentes à eficiência, sendo estas alusivas à eficiência encontrada nas operações internas da empresa (*internal-facing*). As medidas referentes à eficácia englobam dois critérios de medição, a fiabilidade e a flexibilidade/reactividade da cadeia de abastecimento incluindo medidas como o tempo de processamento das encomendas, a assiduidade da entrega ao consumidor, entre outros. No caso das medidas referentes à eficiência, estas englobam os critérios de medição alusivos a custo e aos ativos, tendo como exemplo taxas de utilização de equipamentos e custos de manutenção de veículos (Lai et al., 2002).

3.7.2.3 Strategic Measurement Analysis and Reporting Technique – SMART

Este sistema de análise conhecido como a pirâmide do desempenho foi desenvolvido por Cross & Lynch (1988) com o objetivo de apresentar uma diferente abordagem em relação aos métodos tradicionais de medição de desempenho. Tem como principal objetivo efectuar a ligação entre a estratégia definida pela organização e as operações diárias desempenhadas nas atividades dessa organização. A ligação é feita através da introdução de objetivos baseados nas prioridades dos consumidores, e na posterior introdução de medidas de desempenho para o melhoramento da eficácia das operações (Kurien & Qureshi, 2011).

O sistema é composto por quatro níveis que abordam a eficácia externa da organização e a eficiência interna da mesma. O primeiro nível é alusivo à visão e à estratégia da organização, onde os gestores atribuem funções às unidades de negócio presentes no nível seguinte e executam a alocação de recursos que apoiam essas unidades (Pun & White, 2005). No segundo nível, são atribuídos objetivos financeiros e de mercado às unidades de negócio, sendo que os financeiros, designados de curto-prazo, são relacionados com os fluxos de caixa e com o lucro apresentado pela organização, enquanto os de mercado, são designados de longo-prazo, são referentes ao crescimento e à posição da organização no mercado (Lynch & Cross, 1995). No terceiro nível apresentam-se os sistemas operacionais do negócio que fazem a ligação entre as medidas desenvolvidas nos níveis superiores, relativos à estratégia e às unidades de negócio, com as medidas operacionais do nível inferior da pirâmide (Kurien & Qureshi, 2011). Nestes sistemas do terceiro nível são atribuídos objetivos e prioridades alusivos à satisfação do consumidor, à produtividade e à flexibilidade (Pun & White, 2005). No último nível, são apresentadas as quatro principais medidas de desempenho relacionadas com a qualidade, a entrega, tempo de ciclo e desperdício que serão tidas em conta nos departamentos das organizações e nos postos de trabalhos (Kurien & Qureshi, 2011). Estas medidas são essenciais para atingir resultados de alto nível e para assegurar que a estratégia definida para a organização seja implementada com sucesso (Pun & White, 2005).

Em termos de pontos fortes, este sistema de análise tenta integrar objetivos corporativos com indicadores operacionais de desempenho e consegue gerir, estrategicamente, medidas de desempenho. No entanto, não fornece qualquer mecanismo de identificação de principais indicadores de desempenho, falha na especificação da forma das medidas e não integra, na sua estrutura, o conceito de melhoramento contínuo algo crucial quando se aborda o desempenho de uma organização (Striteska & Spickova, 2012).

3.8 Desempenho em Armazéns

Após a visualização geral dos sistemas de medição de desempenho ao nível da cadeia de abastecimento, nesta presente secção será especificado o desempenho relativo às entidades que têm uma especial atenção nesta dissertação: os armazéns/centros de distribuição. Nesta secção serão referidas a abordagens propostas por Staudt et al., (2015) e Frazelle, (2002b) onde serão detalhados os indicadores de desempenho utilizados por estas entidades e especificada uma estrutura de fronteira para uma melhor utilização destes indicadores. De forma a adquirir estas informações, foi efectuada uma pesquisa em bases

de dados científicas utilizando as palavras chave “*performance measures*”, “*warehouse*”, “*distribution centre*” e “*cross-docking*”.

3.8.1 Indicadores de Desempenho

“Devido à crescente complexidade das redes logísticas, a análise do desempenho dos armazéns tornou-se uma questão importante” (Wu & Ming, 2007). A avaliação do desempenho dos armazéns difere consoante os objetivos, da variedade de medidas utilizadas na medição dos objetivos, do tipo de armazém utilizados (centro de distribuição, plataformas de *cross-dock*, etc.), nas atividades de foco dos armazéns (recolha de encomendas, receção, etc.) e nas ferramentas usadas para a medição do desempenho (modelo matemáticos, estatísticos, etc.) (Staudt et al., 2015). Para De Koster & Warffemius (2005) a complexidade destas atividades depende do número e da variedade de produtos que são manuseados, da quantidade de trabalho diário executado, do número, da natureza e da variedade dos processos necessários para satisfazer as necessidades e procura do consumidores e dos fornecedores.

As medidas de desempenho podem ser divididas em dois grupos: medidas flexíveis (*soft measures*) e medidas rígidas (*hard measures*). As medidas rígidas são baseadas em medidas quantitativas relacionadas com o serviço (tempo do ciclo da encomenda e taxas de enchimento, por exemplo), custos e retornos de investimento e de ativos, enquanto as medidas flexíveis são baseadas na qualidade das medidas apresentada como a percepção dos gestores em relação à lealdade e à satisfação do consumidor (Chow et al., 1994; Holmberg, 2000; Fugate & Stank, 2010). As medidas rígidas pode ser calculadas através de simples cálculos matemáticos, utilizando médias, desvios padrão entre outros, enquanto as medidas flexíveis são calculadas através de ferramentas mais complexas como regressões lineares, análise envolatória de dados, modelos de equações estruturadas e matrizes canónicas (Staudt et al., 2015).

3.8.2 Classificação de Indicadores

A elevada diversidade de medidas de desempenho obriga as empresas a organizarem os seus resultados para uma melhor análise. No caso dos indicadores classificados como rígidos, muitos autores, referidos no estudo de Staudt et al., (2015), classificam-nos em quatro perspectivas diferentes: (1) qualidade, relativo à precisão das atividades executadas (precisão na recolha, na expedição, na entrega, encomendas expedidas a tempo), (2) tempo (tempo de receção, de expedição de recolha, da entrega), (3) custo, associado à retenção, distribuição, mão-de-obra entre outros, e (4) produtividade, relacionado por exemplo com o número de produtos manuseados, fluxo de saída do armazém, número de produtos expedidos, etc (Staudt et al., 2015). A substituição desta perspectiva por flexibilidade é retratada por autores como Gunasekaran & Kobu, (2007) e Neely et al., (1995) no entanto, no ponto de vista de Gunasekaran & Kobu, (2007), a flexibilidade é uma perspectiva mais intangível fazendo sentido agrupá-la nas medidas flexíveis. Nesta análise, a perspectiva de produtividade irá continuar a ser utilizada.

Os indicadores flexíveis poderão ser classificados ao nível do trabalho, isto é a nível do desempenho dos operadores de armazéns ou centros de distribuição tendo impacto no manuseamento dos materiais e por

sua vez no nível de serviço prestado ao consumidor, das atividades de valor acrescentado (*Value Added Logistics Activities* – VALA), através da medição do número de atividades presentes nas operações do armazém, que segundo De Koster & Balk, (2008) estão divididas em atividades de alto nível ou baixo nível, sendo que as de baixo nível são por exemplo atividades de rotulação e as de alto nível são atividades relacionadas com montagem final de produto ou retenção de produtos devido à existência de sazonalidade ou de criação de lotes (*batching*) (Gu et al., 2007; Staudt et al., 2015). Para além disso, estes indicadores ainda poderão ser medidos ao nível de gestão de inventário e a automação existente, através da utilização de sistemas de apoio à gestão como WMS e tecnologia de RFID, da percepção do consumidor obtida através das respostas geradas pelo consumidor ao longo dos diferentes períodos de venda (pré e pós), e da manutenção das operações (Staudt et al., 2015; Lu & Yang, 2010; De Koster & Balk, 2008).

Autores como Krauth et al., (2005a) por outro lado caracterizam todos os indicadores em apenas quatro perspectivas: (1) relacionadas com eficácia, (2) com eficiência, (3) com satisfação, durante execução da operação e (4) relacionadas com TI (Tecnologias de informação) e inovação. Apesar desta organização facilitar também a interpretação dos indicadores, cerca de 130 indicadores faziam parte da análise de Krauth et al., (2005a), número elevado e ineficiente para a construção de uma análise de desempenho.

De forma a reduzir o número de indicadores em estudo e sendo o foco deste trabalho as operações internas dentro dos armazéns, Staudt et al., (2015) resolveram efectuar mais uma classificação mas desta vez referente apenas aos indicadores rígidos. Os indicadores flexíveis realizam um papel complementar caso seja necessário incluir dimensões diferenciadoras, como é o caso da satisfação do consumidor, que é considerada a dimensão mais crítica para as organizações (Chow et al., 1994).

Esta classificação destes indicadores é realizada através de dois tipos de agregação: (1) os indicadores semelhantes deverão-se agrupar e (2) os indicadores específicos deverão ser englobados em outros mais gerais por exemplo o tempo de leitura dos códigos de barras na receção pode ser englobado apenas no tempo de receção (Staudt et al., 2015). Após estes agrupamentos, Staudt et al., (2015) realizaram a organização dos indicadores pelas suas perspectivas (tempo, qualidade, produtividade e custo. Estas classificações foram realizadas através da própria interpretação dos autores.

3.8.3 Análise dos Indicadores

Frazelle (2002b) refere que a competitividade entre os armazéns é baseada em quatro perspectivas: (1) financeira, referente aos custos das atividades internas, (2) produtividade sendo maioritariamente relacionada com o fluxo de encomendas no armazém, (3) utilização, referente à disponibilidade de armazenamento e às taxas de utilização de equipamentos, (4) tempo de ciclo das encomendas, referente ao período que estas se encontram quer no armazém ou nas atividades e (5) qualidade, sendo relacionada com a precisão de funcionamento das atividades internas. A estrutura desenvolvida por Frazelle, (2002b) para análise de indicadores de desempenho utiliza estas perspectivas e intersecta-as com as atividades comuns desempenhada nos armazéns (receção, deslocamento de produtos (*putaway*), armazenamento, recolha de encomendas e expedição). Esta estrutura encontra-se disponível no Anexo A.

A abordagem de Staudt et al., (2015) é semelhante à de Frazelle, (2002b) utilizando também uma estrutura baseada nas atividades dos armazéns. No entanto apresenta como perspectivas, aquelas já referidas na secção 3.8.2., Staudt et al., (2015) para além desta ligação entre atividades e perspectivas, caracteriza os indicadores consoante as suas fronteiras. Os indicadores específicos são indicadores que dizem respeito a uma atividade específica do armazém, os transversais são indicadores que são englobados num conjunto de atividades e os indicadores relacionados com recursos, que como o nome indica, encontram-se relacionados com os recursos utilizados dentro do armazém.

Staudt et al., (2015) desenvolveu três tabelas referentes às três caracterizações encontradas no Anexo B. Na tabela referente aos indicadores específicos, as colunas são compostas pelas atividades presentes nos armazéns (receção, armazenamento, inventário, recolha, expedição e entrega) enquanto nas linhas, estão expostas as perspectivas dos indicadores (tempo, qualidade, produtividade e custo). Nas atividades, os autores consideram que seria importante a inclusão de inventário como atividade neste grupo visto que desempenha um papel importante na gestão de armazéns (Staudt et al., 2015).

Na tabela sobre os indicadores transversais, as colunas encontram-se compostas por dois grupos apenas: (1) processos de entrada e (2) processos de saída. Os processos de entrada englobam as atividades contribuem para agilizar a entrada dos produtos no armazém como a receção, o inventário e o armazenamento ao passo que nos processos de saída encontram-se as atividades que auxiliam a saída dos produtos do armazém como a recolha de encomendas, a expedição e a entrega Staudt et al., (2015). Por fim, no caso dos indicadores de recursos, estes influenciam todas as atividades presentes no armazém e por isso, em vez de retratar as atividades nesta tabela, será feita a associação entre as perspetivas e os recursos utilizados nos armazéns: (1) mão-de-obra e (2) equipamentos (Staudt et al., 2015).

Após a criação de indicadores com base nos dados operacionais obtidos, autores como Krauth et al., (2005b) e Kusrini et al., (2018) realizaram a validação dos indicadores através de entrevistas feitas a especialistas e gestores, que atribuíram ou pesos numéricos ou prioridades de forma a identificar quais os principais indicadores tendo em conta os seus objetivos. No caso de Krauth et al., (2005b) a avaliação dos resultados obtidos é feita através de uma análise comparativa entre entidades de características semelhantes (*benchmarking analysis*). Por sua vez, Kusrini et al., (2018) após adoção de pesos, pontou os indicadores principais com a ajuda de um método estandardizado chamado SNORM, que utiliza informações de outros armazéns semelhantes e pontua a entidade em estudo com base nessas informações de outras entidades disponibilizadas no método (*benchmark data*).

3.8.4 Conclusões da Secção

Após a apresentação da contextualização do problema e do caso de estudo, nesta terceira secção deu-se início à revisão da literatura, onde foram abordados conceitos e metodologias importantes para a fundamentação da dissertação.

Sendo o tema desta dissertação associado aos centros de distribuição, o objetivo destas secções foi centralizar o problema, partindo inicialmente de um contexto mais geral – logística e cadeias de abastecimento – até um contexto mais particular referente à entidade em estudo. A adoção desta estrutura garantiu assim uma visualização sobre a importância das decisões e da coordenação que as diferentes entidades numa cadeia de abastecimento têm sobre o impacto nas entidades singulares.

De seguida, já no contexto do centro de distribuição foi abordada a estratégia que se encontra presente nos *hubs* da 3M, *cross-docking*, bem como a influência que esta tem sobre as operações internas desempenhadas nos centros de distribuição sendo referidos diversos autores que fundamentam o seu funcionamento e as vantagens que esta estratégia exhibe em operações internas com a de receção e de expedição.

Nas duas últimas secções, 3.7 e 3.8 foram retratados temas associados com a medição da prestação operacional das entidades, desde a escolha do melhor sistema de medição de desempenho ao nível do centro de distribuição até à escolha de métodos de análise de indicadores de desempenho, que facilitem a segmentação e a compreensão dos indicadores utilizados na medição de desempenho.

Em termos de nível de sistema de medição de desempenho, dos três sistemas referenciados, na revisão da literatura, o sistema escolhido foi o sistema SMART. A sua simplicidade de utilização, a sua capacidade de adaptação, inalcançável pelo sistema SCOR visto que é um software estruturado, e ao facto de conter, na sua estrutura, componentes operacionais relevantes, algo ausente no sistema BSC, foram alguns fatores que levaram a escolher este sistema em oposição aos restantes.

Por fim, em relação à classificação e análise de indicadores de desempenho foram escolhidas as metodologias de Frazelle, (2002b) e Staudt et al., (2015) porque, das metodologias apresentadas, são as únicas que exibem estruturas possíveis de adaptação e no caso de Staudt et al., (2015), esta apresenta um método de classificação mais moderno e detalhado comparativamente a outros apresentados.

4 Metodologia e Desenvolvimento da Pirâmide SMART

Nesta secção será retratada a metodologia a seguir na dissertação. A metodologia será composta por três fases. A primeira fase é composta por uma pequena introdução sobre a caracterização e avaliação de indicadores de desempenho (secção 4.1) onde de seguida será adotado o sistema de medição de desempenho escolhido no projeto e que mais se identifica com este trabalho, o sistema SMART. Este sistema será associado primeiramente ao nível das cadeias de abastecimento (secção 4.2 e 4.3) e depois será realizada uma triagem dos indicadores presentes nesse sistema de forma a particularizar ao nível dos centros de distribuição (secção 4.4) e posteriormente para os hubs 3M (secção 4.4.4).

A segunda fase é composta pela análise dos indicadores atualmente utilizados em centros de distribuição 3M através dos critérios e das componentes apuradas durante a introdução realizada na primeira fase (secção 5.1.1) e pela criação de novos indicadores que melhorem a medição de desempenho destas entidades (secção 5.2).

A terceira fase é constituída pela associação de todos os indicadores (existentes, criados, recolhidos) às operações internas das entidades secção (secção 5.4) e pela apresentação de um dos benefícios adquiridos através do uso da plataforma MixMove Match (secção 5.5).

Por fim, será feita uma discussão dos resultados (secção 5.6) , referindo os benefícios e os resultados da análise adquiridos pela implementação da plataforma MixMove Match nos centros de distribuição da 3M.

4.1 Caracterização e Avaliação de Indicadores

A inexistência de consenso na criação de métricas de desempenho, a implementação de métricas fragmentadas e praticamente desconhecidas e a existência de vários sistemas de medição de desempenho com falta de alinhamento estratégico, uma abordagem equilibrada e com pensamento sistemático dificulta a identificação de métricas apropriadas (Robinson & Malhotra, 2005; Cai et al., 2009). Este entrave leva à criação abundante de indicadores, colocando em risco a medição eficiente do desempenho das cadeias de abastecimento (Holmberg, 2000). Os indicadores de desempenho muitas das vezes são registados de forma ambígua, causando falhas no próprio registo e na comunicação efectuada entre gestores e trabalhadores (Lohman et al., 2004).

De forma a confrontar estes problemas é necessário verificar se cada um dos indicadores de desempenho utilizados se encontram bem construídos e estabelecer critérios-base para que seja possível diferenciar um indicador benéfico de um desfavorável.

Nesse aspeto, autores como Neely et al., (1997) e Lohman et al., (2004), abordaram esta temática através da atribuição de elementos que permitem caracterizar os indicadores consoante a sua fiabilidade. Lohman et al., (2004) aprimoraram o trabalho anterior realizado por Neely et al., (1997) e apresentaram um conjunto de onze elementos, dispostos na Tabela 1, que ajudam nessa caracterização.

Tabela 1 - Elementos de um indicador de desempenho [Adaptado: Neely et al., (1997) e Lohman et al., (2004)]

Elementos	Explicações
Nome	Nome que identifique o indicador e que não crie ambiguidade
Objetivo/Propósito	Função que o indicador irá desempenhar
Âmbito	Áreas de negócio é que são abrangidas pelo indicador
Meta	Níveis de desempenho a serem atingidos para que seja possível realizar uma avaliação
Fórmula	Modo como o indicador é calculado, tendo em consideração que este elemento afecta o comportamento das pessoas que o avalia possibilitando modificações na construção da fórmula de modo a beneficiar certas situações
Unidade de Medida	Unidade de medida utilizada para a sua quantificação
Frequência	Periodicidade com que é feito o registo e a formulação de relatórios
Fonte de Informação	Origem dos dados que servirão como <i>inputs</i> do indicador
Responsável	Pessoa encarregue pela recolha de dados e registo dos resultados
Ações	Definir, se possível, futuras ações a serem realizadas após os resultados obtidos
Comentários	Problemas a ser reportados sobre o indicador

A seleção correta e específica de indicadores de desempenho é crucial quando é necessário exprimir a estratégia da organização perante a realidade (Franceschini et al., 2007). Esta seleção depende do utilizador final, da estrutura da organização, do ambiente do negócio e muitos outros fatores (Caplice & Sheffi, 1994).

Para facilitar a seleção destas métricas, foram estabelecidos por diversos autores, critérios de avaliação de indicadores. Autores como Franceschini et al., (2007) mencionam como critérios, os estabelecidos segundo a norma UNI 11097 de Bini & Buglione, (2003). Esta norma indica que os indicadores deverão representar bem a sua função, serem simples e de fácil compreensão, serem capazes de indicar tendência temporais e não apenas momentos temporais instantâneos, serem sensíveis a mudanças internas e externas à organização, serem acessíveis na colecta de informação e no seu processamento e serem fáceis e rápidos de proceder a atualizações.

Neely et al., (1997) estabelecem uma vasta lista de critérios de avaliação baseada em diferentes autores. Por outro lado, Caplice & Sheffi, (1994) aborda esta questão de forma mais concisa e estabelece oito critérios para avaliação de indicadores. Na Tabela 2 encontram-se explicitados esses oito critérios.

Tanto Neely et al., (1997) como Caplice & Sheffi, (1994) referem a impossibilidade de aplicação de todos estes critérios visto que grande parte destes encontram-se relacionados e estabelecem *trade-offs* entre eles. Mediante isso, cabe aos gestores discutir, atempadamente, o carácter que os seus indicadores irão ter, bem como o sistema de desempenho em que estes irão estar inseridos (Caplice & Sheffi, 1994).

Tabela 2 - Critérios de avaliação de um indicador [Adaptado: Caplice & Sheffi, (1994)]

Critérios	Descrição
Validade	O indicador terá de refletir a atividade que está a ser analisada e controlar possíveis interferências de fatores externos
Robustez	O indicador deverá ser interpretado de forma semelhante por todos os utilizadores e comparável entre organizações mediante diferentes instâncias temporais
Utilidade	O indicador terá de ser de fácil compreensão para o decisor e deverá proporcionar um plano de ações a tomar
Integração	O indicador deverá incluir todos os aspectos relevantes do processo e promover coordenação entre funções e divisões
Económico	Os benefícios de utilização do indicador deverão superar os custos de recolha, de análise e de comunicação
Compatibilidade	O indicador deverá ser compatível com os sistemas de informação em utilização
Nível de Detalhe	O indicador deverá capturar e transmitir informação com um nível de detalhe substancial de forma a facilitar o decisor
Incentivo à Produtividade	O indicador terá de incentivar à produtividade

4.2 Sistemas de Medição em Cadeias de Abastecimento

A volatilidade da procura e os requisitos impostos pelos consumidores obrigaram as organizações a modificar a sua abordagem ao mercado. A cooperação, a integração e o aparecimento de TI facilitaram a adaptação a este novo mercado tornando-se, indiscutivelmente, nos elementos básicos ao funcionamento de uma cadeia de abastecimento (Stadtler, 2005).

A combinação das dinâmicas do mercado com a incerteza associada e as operações internas de cada uma das organizações tornam difícil a sincronização das atividades das cadeias de abastecimento, provocando alterações nos objetivos e planos inicialmente delineados (Puigjaner & Laínez, 2008).

Esta presença de múltiplas entidades numa cadeia de abastecimento implica o aumento da complexidade na realização de tarefas de análise de desempenho (Deshpande, 2012). Por muito que uma entidade desenvolva resultados positivos isto não quer dizer que a cadeia de abastecimento acompanhe os mesmos resultados (Hausman, 2004). Deshpande, (2012) mediante esta complexidade aborda o conceito de medição de desempenho de uma cadeia de abastecimento como um conjunto de diversas medidas, criadas pelas organizações, que visam medir a habilidade que a cadeia de abastecimento tem para corresponder com os objetivos de curto e longo-prazo das organizações.

Esta dependência entre as entidades e a cadeia de abastecimento levou Martin & Patterson, (2007) e Wagner et al., (2012) a comprovarem, através de métodos estatísticos, que a aplicação de práticas ao nível da cadeia de abastecimento iriam ter um efeito positivo no comportamento das organizações. Esta abordagem foi confirmada, indicando também que as medidas de desempenho das organizações

consideradas neste estudo (medidas de inventário, de tempo de provisionamento e financeiras) encontram-se diretamente relacionadas com as práticas da cadeia de abastecimento (Martin & Patterson, 2007). Esta ligação ajuda os gestores a adaptarem-se a uma situação específica, podendo modificar certos componentes de modo que os objetivos da entidade sejam atingidos (Deshpande, 2012).

Através da aplicação do sistema de medição de desempenho escolhido (SMART), na Tabela 3 são listados autores que referem indicadores de desempenho utilizados na avaliação de cadeias de abastecimento.

Tabela 3 – Indicadores de desempenho para Cadeias de Abastecimento (SMART)

	Medidas	Indicadores	Autores
Nível Estratégico	Mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência do mercado; • Quota de mercado; 	(Somani & Tesfatsion, 2008); (Buzzell et al., 1975); (Deshpande, 2012); (Wu et al., 2009)
	Financeira	<ul style="list-style-type: none"> • ROI (Retorno de investimento); • Crescimento de vendas; • Custo logístico total; • Custo de processamento de informação; • Custo total de produção; • ROA (Retorno de ativos); 	(Lee et al., 2001); (Christopher, 2016); (Kaplan & Norton, 1996); (Frazelle, 2002); (Gunasekaran et al., 2004); (Angerhofer & Angelides, 2006); (Stewart G., 1995); (Stack et al., 2010)
Nível Tático	Satisfação do Consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Retorno de encomendas; • Número de reclamações; • Taxa de satisfação do consumidor; • Taxa de intenção de recompra; • Pontuação do promotor; • Satisfação do consumidor; 	(Rushton et al., 2014); (Williams & Naumann, 2011); (Reichheld, 2003); (Lao et al., 2011)
	Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade de máquinas; • Flexibilidade no manuseamento; • Flexibilidade de mão-de-obra; • Flexibilidade na entrega; • Variedade de produtos (<i>Mix flexibility</i>); • Flexibilidade de novo produto; • Flexibilidade de volume; 	(Chan, 2003); (Sezen, 2008); (D'Souza & Williams, 2000); (Sánchez & Pérez, 2005); (Cai et al., 2009); (Duclos et al., 2003); (Elrod et al., 2013); (Subramaniam et al., 2000)
	Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento (<i>Throughput</i>); • Utilização de veículos; • Produtividade por trabalhador; • Produtividade logística total; • Utilização do armazém; • Rotatividade de inventário; 	(Garcia et al., 2012); (Mentzer & Konrad, 1991); (Johnson & McGinnis, 2011); (Wang et al., 2010); (Ramaa et al., 2012); (Frazelle, 2002); (Gaur et al., 2005); (Matopoulos & Bourlakis, 2011); (Van Der Vorst, 2005); (Jonsson & Lesshammar, 1999); (Hamdan & Rogers, 2008)
Nível Operacional	Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Percentagem de encomendas perfeitas; <ul style="list-style-type: none"> • Entrada perfeita; • Perfeitamente fiáveis; • Perfeitamente recolhidas; • Perfeitamente expedidas; • Entrega perfeita; • Perfeitamente comunicada; • Perfeitamente faturada; • Perfeitamente documentada; • Encomendas expedidas a tempo; • Índice de desempenho de produção; • Índice de desempenho de armazenamento; • Precisão de inventário; 	(Ramaa et al., 2012); (Frazelle, 2002); (Staudt et al., 2015); (Garcia et al., 2012); (Kiefer & Novack, 1999)
	Entrega	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de provisionamento da entrega; • Percentagem de entregas atrasadas; • Atraso médio; • Percentagem de entregas urgentes; • Percentagem de produtos finais em trânsito; • <i>On time in full</i> 	(Gunasekaran et al., 2004); (Vachon & Klassen, 2002); (Guiffreda & Nagi, 2006); (Rao, Rao, & Muniswamy, 2011)
	Tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de ciclo da encomenda; • Tempo de provisionamento na produção; • Tempo de provisionamento dos fornecedores 	(Ramaa et al., 2012); (Danese, 2013); (Aramyan et al., 2007); (Bhagwat & Sharma, 2007)
	Desperdício	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energia; • Quantidade total de materiais utilizados; • Custos associados à conformidade ambiental; • Pegada de carbono; • Receitas de reciclagem; • Percentagem de produtos remanufaturados; 	(Hervani et al., 2005); (Epstein & Wisner, 2001); (Mollenkopf et al., 2010)

Estes indicadores serão explicados na secção seguinte e alguns deles serão reaproveitados para a construção de uma nova pirâmide de desempenho com um contexto mais operacional de forma a coincidir com a entidade que se encontra em estudo neste trabalho.

4.3 Indicadores de Cadeia de Abastecimento

Como referido na secção 3.8.4, o sistema de medição de desempenho a ser utilizado é a pirâmide de desempenho criada por Cross & Lynch (1988). A subdivisão em diversas medidas de desempenho neste sistema, permite acompanhar os processos quer internos quer externos de toda a cadeia de abastecimento. De modo a facilitar a compreensão relativa à adaptação do sistema, na Tabela 4, estas medidas de desempenho serão referidas, os indicadores que lhes compõem serão explicados e as suas fórmulas de cálculo bem como as suas unidades de medida serão apresentadas. Alguns indicadores encontram-se marcados com “X” devido ao facto de a sua fórmula ser autoexplicativa.

A pesquisa efetuada sobre os indicadores de desempenho encontra-se longe de estar completamente revista, no entanto com a recolha destes indicadores é possível visualizar com clareza a vasta possibilidade de avaliação que uma cadeia de abastecimento se encontra sujeita.

Alguns dos indicadores retratados apresentam um contexto mais generalista como por exemplo a produtividade logística total. Esta generalização permite a especificação/decomposição destes indicadores a níveis operacionais, enriquecendo a pesquisa em cima efetuada, concedendo também a possibilidade de avaliar o desempenho de atividades e operações de certas entidades presentes numa cadeia de abastecimento como é o caso do centro de distribuição

Na secção seguinte, será realizada uma reestruturação da pirâmide apresentada, sendo reaproveitadas medidas de desempenho do sistema original para o sistema associado aos centros de distribuição visto que são medidas que se encontram presentes nas operações internas dessa mesma entidade.

Para além disso, nesse novo sistema também serão englobados indicadores de desempenho provenientes do âmbito de cadeias de abastecimento pois mediante as suas descrição e objetivos podem também executar uma avaliação de desempenho nos centros de distribuição, como também serão excluídos certos indicadores que se encontram fora do âmbito do centro de distribuição como é o caso, por exemplo, de indicadores de referência a atividades de produção, fornecimento, de atividades de armazenamento entre outros.

Tabela 4 - Detalhe dos indicadores de desempenho

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Mercado	Eficiência do mercado	Este indicador é calculado através da divisão entre o lucro que é gerado através das transações reais realizadas no mercado por compradores e vendedores, com o lucro gerado de todas as transações garantidas por compradores e vendedores em condições de equilíbrio. O lucro realizado pelos compradores é a quantidade máxima que o comprador está disposto a pagar pelo produto menos o preço que o comprador paga na realidade. O lucro realizado pelo vendedor é o pagamento que estes recebem pela transação dos produtos menos, o valor mínimo que o vendedor está disposto a aceitar pelo produto (Somani & Tesfatsion, 2008).	$\frac{\Sigma \text{ Lucro de transações reais}}{\Sigma \text{ Lucro de transações garantidas}} \times 100$	%
	Quota do mercado	Esta métrica está diretamente relacionada com o lucro da empresa e pode ser calculada através do volume de vendas de produtos e serviços realizados pela organização em relação à procura total do mercado sobre os mesmos produtos/serviços (Wu et al., 2009).	$\frac{\text{Volume total de vendas de produtos e serviços}}{\text{Procura total do mercado}} \times 100$	%
Financeira	Crescimento das vendas	Este indicador é calculado através da diferença entre o volume de vendas de anos consecutivos e é influenciado pelas capacidades tecnológicas, recursos financeiros e orientação estratégica bem como redes externas (parcerias e patrocínios), têm no desempenho de uma organização (Lee et al., 2001).	$\text{Vendas}(n) - \text{Vendas}(n - 1)$	€
	ROI	O retorno de investimento é um rácio entre o lucro líquido e o capital que foi empregue que originou esse lucro (Christopher, 2016).	$\frac{\text{Lucro}}{\text{Vendas}} \times \frac{\text{Vendas}}{\text{Capital Empregado}} \times 100$	%
	ROA	Este rácio referido por Frazelle, (2002) é calculado através do lucro obtido sobre valor dos ativos presentes ao longo da cadeia de abastecimento.	$\frac{\text{Lucro}}{\text{Ativos}} \times 100$	%
	Custos totais logísticos	Este indicador é caracterizado pela soma de todos os custos envolvidos numa cadeia de abastecimento como custos envolvidos na resposta ao consumidor, inventário, fornecedores, transporte e de armazéns (Frazelle, 2002).	$\Sigma \text{ custos associados à cadeia de abastecimento}$	€

Tabela 4 – Detalhe dos indicadores de desempenho (continuação)

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Financeira	Custos de processamento de informação	Este indicador é um dos grandes impulsionadores do custo total logístico e que se encontra diretamente relacionado com o acompanhamento das encomendas e os seus movimentos, descontos e processos de faturação (Gunasekaran et al., 2004).	$\Sigma \text{ Custos sobre encomendas, descontos e faturação}$	€
	Custo total de produção	Este indicador refere-se aos custos de fabricação dos produtos de onde fazem parte custos de matérias-primas, custos de energia, recursos humanos entre muitos outros. (Slack et al., 2010; Gunasekaran et al., 2004).	$\Sigma \text{ Custos de fabrico}$	€
Satisfação do Consumidor	Pontuação do promotor	Este indicador é calculado através de uma resposta efetuada à pergunta: “Qual a probabilidade de recomendar a organização a uma pessoa?”. A resposta é feita com base numa escala de 0 a 10 onde de 0 a 9 serão classificados os promotores da organização, de 7 a 8 são classificados como passivamente satisfeitos e de 0 a 6, os difamadores (Reichheld, 2003). Este indicador é calculado através da diferença entre as percentagens dos consumidores “promotores” com consumidores “difamadores” sobre o número total de inquiridos.	$\frac{\text{Promotores} - \text{Difamadores}}{\text{Total inquiridos}} \times 100$	%
	Número de reclamações	X	$\Sigma \text{ Número de reclamações efectuadas}$	Un.
	Retorno de encomendas	X	$\Sigma \text{ Número de encomendas retornadas}$	Un
	Satisfação do consumidor	X	$\frac{\Sigma \text{ Número de reclamações}}{\Sigma \text{ Número de encomendas entregues}} \times 100$	%
	Taxa de satisfação do consumidor	X	Métrica de <i>Top-two scores</i> Σ das duas opções, em percentagem, mais elevadas da escala estipulada	%
	Taxa de intenção de recompra			

Tabela 4 – Detalhe dos indicadores de desempenho (continuação)

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Flexibilidade	Flexibilidade de máquinas	O objetivo deste indicador é medir a flexibilidade de uma máquina. Esta flexibilidade poderá ser medida em termos de custo, por exemplo custo de operação da máquina e em termos de tempo, por exemplo, o tempo poupado de processamento da operação pela introdução da nova máquina (Subramaniam et al., 2000).	$\text{Custo: } \frac{\Sigma \text{ Valores dos produtos operados}}{\Sigma \text{ Tempo da operação}}$ <p><i>Tempo: Comparação entre tempos de processamento de máq.</i></p>	$\frac{\text{€}}{\text{Hora}}$ Hora
	Flexibilidade no manuseamento	X	$\Sigma \text{ Número de caminhos existentes no transport interno de produtos}$ Ou $\Sigma \text{ Variedades de produtos nos caminhos existentes}$	Un.
	Flexibilidade de novo produto	Esta métrica refere-se à habilidade de introduzir novos produtos e modificar os já existentes de forma a corresponder com as especificações do consumidor (Duclos et al., 2003; Vickery et al., 1997).	$\Sigma \text{ Custos de introdução de um novo produto}$ $\Sigma \text{ Tempo gasto na introdução de um novo produto}$	€ Hora
	Flexibilidade do volume	Esta métrica refere-se à habilidade que a entidade tem de ajustar o seu volume produtivo ao mercado em que se encontra, prevenindo condições de rotura de produtos e previne também valores de inventário bastante elevados (D'Souza & Williams, 2000; Sánchez & Pérez, 2005).	$\text{Tempo: } \Sigma \text{ Tempo necessário para variar volume de output}$ $\text{Custo: } \Sigma \text{ Custo implícito para variar o volume do output}$ $\text{Volume: Gama de volumes operados sem alteração do lucro obtido}$	Hora € Un.
	Flexibilidade na variedade (<i>Mix flexibility</i>)	X	$\Sigma \text{ Número de novos produtos produzidos}$ $\Sigma \text{ Número de diferentes produtos produzidos por entidade}$	Un.
	Flexibilidade na entrega	Esta métrica refere-se à habilidade que uma entidade tem de antecipar datas de entrega planeadas de forma a corresponder com pedidos urgentes ou especiais. Este indicador permite conhecer que percentagem do tempo de entrega médio pode ser reduzida (Chan, 2003).	$\frac{\text{Tempo de ent. médio} - \text{Tempo de ent. urgente médio}}{\text{Tempo de ent. médio}} \times 100$	%
	Flexibilidade de mão-de-obra	X	$\text{Número de tarefas por trabalhador}$	Un.
Produtividade	Produtividade por trabalhador	Este indicador tem como principal objetivo o cumprimento de todas as encomendas requisitadas pelo consumidor sendo o seu resultado expresso em encomendas.	$\frac{\text{Número de encomendas}}{\text{Horas pessoa}}$	$\frac{\text{Enc}}{\text{h}}$

Tabela 4 – Detalhe dos indicadores de desempenho (continuação)

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Produtividade	Produtividade logística total	Se o indicador "Produtividade por trabalhador" for generalizado ao nível de todos os trabalhadores permite dar origem a este indicador (Frazelle, 2002).	$\frac{\text{Número total de encomendas}}{\text{Número total de horas pessoa}}$	$\frac{\text{Enc}}{\text{h}}$
	Rotatividade de inventário	Este indicador permite perceber se a entidade ou a cadeia de abastecimento consegue melhorar a sua rapidez de reposição de inventário de forma a reduzir os custos associados sem comprometer a operação. Esta métrica pode ser calculada através de dois rácios, um associado ao custo dos produtos vendidos e o outro associado ao número total de unidades vendidas (Gaur et al., 2005; Frazelle, 2002).	$\frac{\text{Custo de produtos finais vendidos}}{\text{Valor médio de inventário}}$ $\frac{\text{Total de unidades vendidas}}{\text{Número de unidades médias em inventário}}$	$\frac{\text{Rot}}{\text{ano}}$
	Utilização do armazém	X	$\frac{\text{Espaço ocupado por } m^2}{\text{Espaço total disponível}} \times 100$	%
	Utilização de veículos	X	$\frac{\text{Volume ocupado por produtos}}{\text{Volume total do veículo}} \times 100$	%
	Rendimento (<i>Throughput</i>)	Este indicador de rendimento serve para efetuar medições mais num contexto global das operações. Para Van Der Vorst, (2005) e Jonsson & Lesshammar, (1999), o indicador de rendimento apenas é abordado num contexto temporal e transmite informação apenas sobre o tempo de realização de uma operação. Por outro lado, Hamdan & Rogers, (2008) refere que este indicador de rendimento também pode ser medido em termos de volume de produtos para qualquer operação.	<i>Tempo: Tempo de execução de uma operação</i> <i>Volume: Número de produtos expedidos</i>	Hora Un.

Tabela 4 – Detalhe dos indicadores de desempenho (continuação)

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Qualidade	Porcentagem de encomendas perfeitas	<p>Encomendas perfeitas segundo Frazelle, (2002) é o indicador que melhor representa a qualidade logística e é composto por 8 características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrada perfeita - onde a encomenda representa exatamente o que o consumidor quer no momento do contato direto ou indireto com a organização; • Perfeitamente fiáveis - a encomenda deverá apresentar a quantidade exata de produtos que a compõem e deve ser entregue dentro do tempo de entrega estipulado; • Perfeitamente recolhidas - quantidade certa dos produtos encomendados; • Perfeitamente expedidas - sem qualquer dano e erro; • Entrega perfeita - no tempo e na localização pretendida; • Perfeitamente comunicada - relato do estado da encomenda 24 horas por dia; • Perfeitamente faturada - com os descontos devidamente aplicados e a encomenda requisitada faturada; • Perfeitamente documentada - com todos os documentos relativos à entrega presentes na encomenda e sem erros; <p>As características deste indicador são sempre calculadas sobre o número total de encomendas. O indicador "Encomendas Perfeitas" é a junção destas características sendo N o número de características que compõem o indicador.</p>	<p>Característica</p> $\frac{\text{Encomendas entregues com tempo e localização pretendida}}{\text{Número total de encomendas}} \times 100$ <p>Indicador:</p> $\prod_{n=1}^N \text{Característica}_n$	%
	Índice de desempenho de produção	Este indicador de qualidade encontra-se associado à indústria do vinho podendo ser associada ao contexto de cadeias de abastecimento. Esta métrica é calculada através do número de encomendas produzidas, planeadas sem falhas e rejeições pelo número total de encomendas realizadas pelo consumidor (Garcia et al., 2012).	$\frac{\Sigma \text{Número de encomendas produzidas e planeadas}}{\text{Número total de encomendas realizadas}} \times 100$	%
	Índice de desempenho de armazenamento	Este indicador é calculado através da soma dos produtos recebidos, recolhidos (<i>picked</i>) ou expedidos de forma correta e sem danos pelo número total de produtos manuseados no armazém. Esta métrica pretende representar a qualidade do manuseamento em armazém (Garcia et al., 2012).	$\frac{\Sigma \text{Número de produtos manuseados sem danos}}{\text{Número total de produtos manuseados}} \times 100$	%
	Precisão de inventário	Este indicador para ser calculado necessita do apoio de um sistema de gestão de armazém visto que é medido entre a quantidade de inventário reportada pelo sistema e a quantidade atual de inventário (Ramaa et al., 2012).	$\frac{\text{Quantidade de inventário pelo sistema}}{\text{Quantidade atual de inventário}} \times 100$	%
	Encomendas expedidas a tempo	Este indicador permite avaliar a qualidade, em termos temporais, das encomendas expedidas.	$\frac{\text{Número de encomendas expedidas a tempo}}{\text{Número de encomendas expedidas}} \times 100$	%

Tabela 4 – Detalhe dos indicadores de desempenho (continuação)

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Entrega	Tempo de aprvisionamento de entrega	Este indicador é composto pelo tempo médio entre a receção do pedido pelo fornecedor e a receção do produto por parte do consumidor.	<i>Tempo receção do pedido consu. – Tempo receção do pedido forn.</i>	Hora
	Percentagem de entregas atrasadas	X	$\frac{\text{Número de entregas concluídas na data estipulada}}{\text{Número total de entregas realizadas}} \times 100$	%
	Atraso médio	X	<i>Número de dias médio de atraso</i>	Un.
	<i>On-time in full</i>	Este indicador associa a pontualidade da entrega à precisão da quantidade recebida pelo destinatário. Esta métrica é conhecida como <i>on-time in full</i> e é calculado através do número de encomendas entregues no tempo acordado e na quantidade certa em relação ao número total de encomendas feitas num período (Rao, Rao, & Muniswamy, 2011).	$\frac{\text{Número de encomendas precisas e assíduas}}{\text{Número total de encomendas}} \times 100$	%
	Percentagem de entregas urgentes	X	$\frac{\text{Número de entregas urgentes}}{\text{Número total de entregas}} \times 100$	%
	Percentagem de produtos finais em trânsito	X	$\frac{\text{Número de produtos finais em trânsito}}{\text{Número total de produtos finais}} \times 100$	%
Tempo	Tempo de ciclo de encomenda	Este indicador segundo Bhagwat & Sharma, (2007) refere-se ao tempo entre a colocação do pedido por parte do consumidor até à sua expedição.	<i>Tempo inicial da expedição – Tempo inicial de colocação do pedido</i>	Un.
	Tempo de aprvisionamento na produção	Este indicador, tal como o nome indica, encontra-se ligado ao contexto produtivo sendo utilizado para medir o tempo total de produção de um produto (Aramyan et al., 2007).	<i>Tempo total de execução de um produto</i>	Hora
	Tempo de aprvisionamento dos fornecedores	Este indicador é referido por Danese, (2013) e encontra-se relacionado com a flexibilidade apresentada pelas entidades. Esta métrica consiste no tempo de resposta dos fornecedores às exigências do mercado indicando assim a sua flexibilidade mediante o ambiente em que estão inseridos.	<i>Tempo de resposta ao mercado</i>	Hora

Tabela 4 – Detalhe dos indicadores de desempenho (continuação)

Medidas de Desempenho	Indicadores	Descrição	Fórmula	Unidades
Desperdício	Consumo de Energia	X	Σ Consumo de energia	kWh
	Quantidade total de materiais utilizados	Este indicador consiste no consumo de materiais, quer em termos de produção, operações de embalagem entre outros, ao longo da cadeia de abastecimento (Hervani et al., 2005).	Σ Quantidade de materiais utilizados	Ton.
	Custos associados à conformidade ambiental	Este indicador refere os custos implícitos na cadeia de abastecimento associados às mudanças necessárias para promover a conformidade ambiental (Hervani et al., 2005).	Σ Custo de promoção à conformidade ambiental	€
	Receitas de Reciclagem	X	Σ Receitas geradas pela venda de produtos reciclados	€
	Percentagem de produtos remanufaturados	X	$\frac{\Sigma \text{ Quantidade de produtos remanufaturados}}{\Sigma \text{ Quantidade total de produtos vendidos}} \times 100$	%

4.4 SMART em Centros de Distribuição

Os centros de distribuição manuseados pela 3M como referido em secções anteriores operam mediante uma estratégia de *cross-docking*. A dinâmica interna, a redução do tempo de ciclo de expedição e os custos de inventários reduzidos adquiridos por esta estratégia são conseguidos pela eliminação de certas atividades como o armazenamento e a recolha de encomendas que incentivam ao aumento de custos e à quebra do fluxo contínuo no centro de distribuição (Ladier & Alpan, 2016; Van Belle et al., 2012).

De forma a fundamentar as alterações que serão efetuadas ao sistema SMART foi realizada uma pesquisa sobre a existência de estudos sobre a adaptações deste sistema ao contexto do centro de distribuição. Nenhum dos artigos visualizados faz referência a este tipo de abordagem. Ainda assim, a adaptação do sistema é essencial para que a medição do desempenho da entidade em estudo seja coerente consoante as suas operações e objetivos transmitindo da melhor maneira possível o estado de saúde da entidade.

Na Tabela 5, encontra-se especificada a nova pirâmide SMART no contexto de centro de distribuição. Esta é caracterizada por possuir menos uma medida de desempenho que a pirâmide original devido a eliminação da medida “Mercado”. Para cada nível do sistema serão apresentadas nas secções seguintes todas as considerações que resultaram na reestruturação da pirâmide.

Tabela 5 - Indicadores de desempenho para Centros de Distribuição (Nova SMART)

	Medidas	Indicadores	Autores
Nível Estratégico	Financeira	• Custo total do centro de distribuição	(Stewart G., 1995); (Ramaa et al., 2012); (Johnson et al., 2010)
Nível Tático	Satisfação do Consumidor	• Retorno de encomendas; • Número de reclamações; • Taxa de satisfação do consumidor; • Satisfação do consumidor;	(Rushton et al., 2014); (Williams & Naumann, 2011); (Lao et al., 2011)
	Flexibilidade	• Flexibilidade de máquinas; • Flexibilidade no manuseamento; • Flexibilidade de mão-de-obra;	(Chan, 2003); (Elrod et al., 2013)
	Produtividade	• Rendimento (<i>Throughput</i>); • Utilização de veículos; • Productividade na receção;	(Mentzer & Konrad, 1991); (Frazelle, 2002); (Matopoulos & Bourlakis, 2011); (Van Der Vorst, 2005); (Jonsson & Lesshammar, 1999); (Hamdan & Rogers, 2008)
Nível Operacional	Qualidade	• Percentagem de encomendas perfeitas; • Entrada perfeita; • Perfeitamente recolhidas; • Perfeitamente fiáveis; • Perfeitamente expedidas; • Entrega perfeita; • Perfeitamente comunicada; • Perfeitamente faturada; • Perfeitamente documentada;	(Frazelle, 2002); (Staudt et al., 2015)
	Expedição	• Encomendas expedidas a tempo; • Productividade na expedição; • Tempo de expedição; • Custo de expedição por pedido; • % de utilização dos portões de expedição	(Mentzer & Konrad, 1991); (Gu et al., 2007); (Kiefer & Novack, 1999); (Frazelle E., 2002b)
	Tempo	• Tempo de ciclo da encomenda; • Tempo de receção;	(Ramaa et al., 2012); (Gu et al., 2007); (Bhagwat & Sharma, 2007)
	Desperdício	• Consumo de energia; • Quantidade total de materiais utilizados; • Custos associados à conformidade ambiental;	(Hervani et al., 2005)

4.4.1 Nível Estratégico

A nível estratégico, a pirâmide SMART original era composta por duas componentes: uma externa, referente ao mercado onde a cadeia de abastecimento se encontra inserida e uma interna, a vertente

financeira da cadeia de abastecimento. Sendo o objeto em estudo o centro de distribuição, a nível estratégico, esta entidade não exhibe um contacto direto com a procura visto que toda a informação que recebe já se encontra processada por outras entidades (Zhou & Benton Jr., 2007; Kumar & Pugazhendhi, 2012). Dito isto e tal como referido na secção anterior, nesta pirâmide será desconsiderada a medida de desempenho associada ao mercado.

No entanto, é importante a nível estratégico ter uma componente interna ligada ao estado atual da entidade, composta por indicadores que avaliem a sua vitalidade financeira. A redução no número de indicadores financeiros comparativamente ao apresentado na Tabela 3 associada à cadeia de abastecimento deve-se ao facto de a entidade em estudo, não ter como objetivo principal a promoção de receitas, tendo sido retirados indicadores associados à venda de produtos, e de os custos associados a esta entidade apenas estarem relacionados com aquisições de equipamentos, estruturas de apoio ao centro de distribuição ou relacionados com mão-de-obra (Johnson & McGinnis, 2011). Dito isto, o indicador “custo logístico total” foi segmentado por entidade tendo apenas ficado o indicador financeiro associado ao centro de distribuição, o custo total operacional da entidade. Este indicador é composto pelo (1) custo por encomenda que é calculado através da soma dos custos relacionados com processamento de uma encomenda (custos na receção, manuseamento, expedição, controlo, entre outros) sobre o número total de encomendas, (2) o custo de mão-de-obra, associado a custos de recrutamento e custos de especialização e (3) o custo de manutenção associado aos equipamentos utilizados (Ramaa et al., 2012; Tan et al., 2010; Johnson et al., 2010).

4.4.2 Nível Tático

As únicas mudanças existentes neste nível para a avaliação de desempenho de um centro de distribuição seria a exclusão de certos indicadores associados ao contexto de cadeia de abastecimento e a decomposição de indicadores designados de “gerais”, de forma a abranger as atividades e processos característicos desta entidade.

No caso da satisfação do consumidor, existem dois indicadores que podem ser excluídos para a reestruturação deste nível tático, a “Taxa de intenção de recompra” e a “Pontuação do promotor”. A “Taxa de intenção recompra” é excluído devido ao facto de se encontrar associada com as organizações detentoras do produto e não às organizações que realizam o processamento dos produtos como é o caso dos centros de distribuição.

No caso do indicador “Pontuação do promotor” avalia o grau de recomendação de uma organização entre os consumidores. Tal como a “Taxa de intenção de recompra” este indicador também será excluído pois as recomendações feitas pelos consumidores são relativamente a organizações detentoras de produtos e não a organizações intermediárias de uma cadeia de abastecimento.

Os restantes indicadores desta medida encontram-se perfeitamente alinhados como a entidade em estudo e qualquer disrupção ou má execução em processos e atividades presentes nos centros de distribuição

poderá surgir na insatisfação do consumidor, influenciando a credibilidade da entidade e em dimensões mais elevadas influenciar o estado financeiro da mesma.

Em termos de flexibilidade, o panorama dos indicadores é ligeiramente diferente. Indicadores como flexibilidade de novo produto, flexibilidade de volume e a variabilidade do produto são característicos de atividades de produção e portanto não serão englobados neste novo sistema de medição. O indicador “flexibilidade na entrega” como o seu nome indica encontra-se associado ao âmbito da entrega, âmbito este que se encontra fora das fronteiras internas de um centro de distribuição e portanto não serão consideradas neste trabalho. No caso de indicadores como a flexibilidade de máquinas, a flexibilidade no manuseamento e a flexibilidade de mão-de-obra, estes encontram-se perfeitamente associados a atividades presentes em centros de distribuição e portanto serão contabilizados neste novo sistema de medição.

A estratégia de *cross-docking* influencia os indicadores utilizados na medição do desempenho. No caso da produtividade, a adoção desta estratégia permite a exclusão de indicadores como rotatividade de inventário e a utilização do armazém pois encontram-se associados ao contexto de armazenamento, uma atividade inexistente numa estratégia deste tipo. Indicadores como produtividade por trabalhador, podem ser especificados nas atividades internas das entidades dito isto, este indicador foi decomposto em dois indicadores associados às atividade de receção, já referida, e à atividade de expedição de produtos. Este último indicador, apesar de avaliar a produtividade, será englobado na medida de desempenho “expedição” criada no nível operacional do novo sistema. Por fim, os últimos indicadores de produtividade que poderão ser reaproveitados do sistema anterior apresentado são o rendimento e a utilização dos veículos. O indicador de rendimento como já referido anteriormente, tem um contexto generalizado e também pode ser associado a cada uma das atividades internas da entidade, podendo ser medido em termos de volume ou tempo. No caso da utilização de veículos, este indicador também pode ser considerado neste novo sistema pois encontra-se associado quer à atividade de produtividade quer à atividade de expedição do centro de distribuição.

4.4.3 Nível Operacional

Neste nível para além da exclusão/inclusão de indicadores, a diferença mais visível encontra-se na substituição da medida de desempenho “Entrega” pela “Expedição” visto que, como já referido, esta medida de desempenho não se encontra dentro da fronteira das atividades dos centros de distribuição.

Neste nível, em termos de qualidade, os indicadores “índice de desempenho de produção”, “índice de desempenho de armazenamento” e “precisão de inventário” serão excluídos neste novo sistema por estarem associados a atividades desconsideradas neste estudo. O indicador “encomendas expedidas a tempo” também será excluído desta medida de desempenho por se encontrar diretamente relacionada com outra medida de desempenho do novo sistema. Por outro lado, o indicador “percentagem de encomendas perfeitas” como já referido na secção 4.3 , é composto por um vasto conjunto de características. Apesar destas várias características se encontrarem associadas a outras medidas de desempenho como por

exemplo as características “perfeitamente fiáveis” e “entrega perfeita” à entrega, qualquer exclusão destas características que compõem este indicador irá alterar o seu resultado esperado sendo contraproducente proceder com essa exclusão.

No caso da expedição, após ter sido realizada uma pesquisa para a recolha de indicadores nesta atividade, percebeu-se, que a existência de métricas dedicadas a esta atividade é muito escassa e por isso maior parte dos indicadores associados provêm de outras medidas presentes neste novo sistema mas que se encontram diretamente associadas a esta medida de desempenho. No entanto ainda foram acrescentados dois indicadores associados à expedição: a percentagem de utilização dos portões de expedição, que é calculado pelo número de utilizações de um portão em relação ao número total de utilizações de todos os portões de expedição e o custo de expedição por pedido do consumidor referente ao custo gerado pela atividade de expedição em relação ao número de pedidos realizados pelos consumidores (Frazelle E. , 2002b).

Em termos de realocação de indicadores, o indicador “produtividade de expedição” referida por Mentzer & Konrad, (1991) é um deles. Este indicador avalia o fluxo de produtos expedidos e é calculado pelo número total de produtos expedidos por período de tempo. Outro indicador que fora realocado para esta medida de desempenho foi o tempo de expedição referido por Gu et al., (2007), caracterizado pelo tempo de aprovisionamento no carregamento de camiões pelo número total de produtos carregados e o indicador “encomendas expedidas a tempo” porque, como já referido anteriormente, permite avaliar diretamente a qualidade da atividade de expedição.

No caso da medida de desempenho “tempo”, os indicadores que anteriormente considerados na Tabela 3 como o tempo de aprovisionamento da produção e dos fornecedores serão excluídos do novo sistema de medição adotado pois são indicadores que não dizem respeito à entidade em estudo. No entanto, o indicador tempo de ciclo de encomenda, referido por Ramaa et al., (2012), por se tratar do tempo entre o pedido do cliente até à expedição da sua encomenda e englobar a duração das atividades de manuseamento dentro do centro de distribuição, será mantido para esta reestruturação.

Como referido na secção , Gu et al., (2007) refere indicadores específicos de tempo. Nesta medição de desempenho será considerado o tempo de receção, caracterizado pelo tempo de descarga de produtos. Sendo esta atividade característica do centro de distribuição, também este indicadores irá estar presente no novo sistema de medição.

Por fim em termos de desperdício, dos indicadores apresentados na Tabela 3 os indicadores “percentagem de produtos remanufacturados”, “pegada de carbono” e “receitas de reciclagem” serão excluídos do novo sistema de medição visto que o primeiro indicador encontra-se associado ao processo produtivo, o segundo encontra-se associado às quantidades de gases de efeito estufa emitidas, algo complexo senão impossível de quantificar em atividades de um centro de distribuição visto que são atividades que não emitem gases nocivos para a atmosfera e o terceiro porque, não sendo o centro de distribuição uma entidade não promotora de receitas, não existe necessidade de avaliar o desempenho de desperdício com este

indicador. Os restantes indicadores podem ser medidos a nível do centro de distribuição são métricas que podem ser associadas a essas entidades como o consumo de energia, os materiais utilizados nas atividades como por exemplo a quantidade de material utilizado na vitafilmagem de paletes e os custos incorridos na entidade para aumentar a conformidade ambiental.

4.4.4 Associação ao Hub 3M

A reestruturação do sistema SMART apresentada na Tabela 5 refere um conjunto de medidas e indicadores de desempenho que se identifica, de forma generalista, ao conceito de qualquer centro de distribuição.

Mediante as necessidades das organizações e do mercado, os centros de distribuição adaptam as suas estruturas internas e operações ao nível de serviço que pretendem executar. Sendo assim, cada centro de distribuição tem as suas particularidades internas e por isso no processo de avaliação das suas operações, a consideração e medição de certos indicadores de desempenho poderá não fazer sentido. No caso dos *hubs* 3M, o sistema SMART apresentado na Tabela 5 identifica-se maioritariamente com os processos internos desta entidade com a exceção de alguns indicadores de desempenho. Esses indicadores são relativos à medida de desempenho “Flexibilidade”, sendo referente à flexibilidade existente entre as máquinas e às medidas de desempenho “Expedição” e “Tempo”.

A utilização de máquinas nas operações internas do *hub* é algo invulgar no ambiente da 3M. Mesmo assim, existem alguns *hubs* que utilizam transportadores automáticos para facilitar e agilizar operações de separação de produtos. Estes transportadores automáticos apenas contêm um modo de utilização e sendo um recurso com um investimento elevado apenas são utilizados caso o fluxo de produtos o justifique.

O indicador “Flexibilidade de máquinas”, como referido na secção 4.3 pode ser calculado mediante duas vertentes, uma vertente relativa a custos e a outra vertente relativa a tempo. Em termos de custo, este indicador não fará sentido ser medido devido à limitação de utilização que o transportador apresenta. No caso da vertente temporal, este indicador também não fará sentido medir a flexibilidade visto que se trata de um investimento elevado e de uma máquina com rara utilização, tornando a aquisição de um outro transportador mais flexível pouco frequente, não aumentando a flexibilidade processual.

No caso das medidas de desempenho “Expedição” e “Tempo” os indicadores que serão excluídos dizem respeito ao “Tempo de expedição”, à “Produtividade de expedição”, ao “Tempo de receção” e “Produtividade de receção”. Estes indicadores apesar de serem bastante comuns em medições de centro de distribuição, no *hub*, é muito complexo obter resultados tão específicos para cada atividade visto que são processos por vezes bastante rápidos.

Apesar dos restantes indicadores serem considerados para medição existem alguns em que o seu grau de complexidade de obtenção de informação é mais elevado que outros. O *hub* apesar de todas as atividades desde a receção à expedição serem executadas internamente, o controlo da atividade de expedição e, conseqüentemente a atividade externa de entrega, não é realizado pelo sistema do *hub*. Estas informações provêm do sistema TMS, referido na secção 2.4.3, na qual apenas os parceiros logísticos associados ao

transporte de produtos têm acesso. A criação destes indicadores encontra-se, portanto, dependente da informação que os parceiros logísticos fornecem ao *hub*. Dito isto, estes indicadores referentes à atividades de expedição e referentes à qualidade da entrega por exemplo “entrega perfeitas”, “perfeitamente comunicada”, “perfeitamente fiáveis”, mesmo sendo pouco acessíveis para análise, não deixaram de ser incluídos no sistema SMART *hub* pois existe possibilidade de serem calculados e analisados. Na Tabela 6 encontra-se disponibilizada o sistema SMART desenvolvido para o contexto do *hub* da 3M.

Tabela 6 - SMART *Hub*

	Medidas	Indicadores	Autores
Nível Estratégico	Financeira	<ul style="list-style-type: none"> • Custo total do centro de distribuição 	(Stewart G., 1995); (Ramaa et al., 2012); (Johnson et al., 2010)
Nível Tático	Satisfação do Consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Retorno de encomendas; • Número de reclamações; • Taxa de satisfação do consumidor; • Satisfação do consumidor; 	(Rushton et al., 2014); (Williams & Naumann, 2011); (Lao et al., 2011)
	Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade no manuseamento; • Flexibilidade de mão-de-obra; 	(Chan, 2003); (Elrod et al., 2013)
	Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimento (<i>Throughput</i>); • Utilização de veículos; 	(Frazelle, 2002); (Matopoulos & Bourlakis, 2011); (Van Der Vorst, 2005); (Jonsson & Lesshammar, 1999); (Hamdan & Rogers, 2008)
Nível Operacional	Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Percentagem de encomendas perfeitas; <ul style="list-style-type: none"> • Entrada perfeita; • Perfeitamente recolhidas; • Perfeitamente fiáveis; • Perfeitamente expedidas; • Entrega perfeita; • Perfeitamente comunicada; • Perfeitamente faturada; • Perfeitamente documentada; 	(Frazelle, 2002); (Staudt et al., 2015)
	Expedição	<ul style="list-style-type: none"> • Encomendas expedidas a tempo; • Custo de expedição por pedido; • % de utilização dos portões de expedição 	(Gu et al., 2007); (Kiefer & Novack, 1999); (Frazelle E., 2002b)
	Tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de ciclo da encomenda; 	(Ramaa et al., 2012); (Bhagwat & Sharma, 2007)
	Desperdício	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energia; • Quantidade total de materiais utilizados; • Custos associados à conformidade ambiental; 	(Hervani et al., 2005)

5 Análise dos Indicadores 3M

5.1 Introdução

Após a análise exaustiva de indicadores de desempenho quer ao nível de uma cadeia de abastecimento quer ao nível de um centro de distribuição e dos *hubs* serão representados, na secção seguinte, os indicadores atualmente utilizados pela 3M nos seus centros de distribuição. Estes indicadores serão posteriormente analisados e discutidos pela sua estrutura e a sua finalidade consoante os elementos apresentados por Neely et al., (1997), Lohman et al., (2004) respectivamente concluindo se executam, com clareza, o propósito a que se encontram destinados.

A recolha de informação ao longo deste trabalho foi uma tarefa bastante desafiante pelo facto de o contacto e principal fonte de informação e a empresa em estudo estar apenas disponível remotamente. Todas as informações recolhidas foram conseguidas através do contacto por e-mail com um especialista de otimização de cadeias de abastecimento da 3M. Cada e-mail era composto por um conjunto de perguntas relacionadas com o uso de indicadores de desempenho e com as operações internas do centro de distribuição. Alguns destes e-mails continham por sua vez, documentos em anexo para posterior preenchimento por parte do especialista de forma a facilitar o mesmo e que toda a informação recolhida permanecesse melhor estruturada para futura análise, como por exemplo a tabela disponibilizada no Anexo C.

Apesar deste conjunto de questões terem sido realizadas por e-mail podem ser classificadas como uma “entrevista a um especialista”. Segundo Meuser & Nagel, (2002) este tipo de entrevista encontra-se limitada à interpretação do conhecimento do mesmo e ao conhecimento que este possui sobre o tema discutido, ao poder de difusão e ao bloqueio que o especialista pode apresentar nas suas respostas. No entanto, as respostas recebidas foram perentórias e importantes e serão apresentadas ao longo das seguintes secções.

5.1.1 Indicadores 3M

Nesta secção encontram-se os indicadores de desempenho atualmente em funcionamento nos centros de distribuição da 3M. Na Tabela 7 para além dos indicadores recolhidos é feita uma associação com as medidas de desempenho da pirâmide SMART.

Tabela 7 - Indicadores 3M

	Medidas	Indicadores
Nível Estratégico	Mercado	X
	Financeira	Custos de manuseamento do <i>hub</i>
Nível Tático	Satisfação do Consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Número de reclamações • Satisfação do consumidor
	Flexibilidade	X
	Produtividade	Productividade da mão-de-obra
Nível Operacional	Qualidade	Precisão da remessa
	Entrega	X
	Tempo	Tempo de aprvisionamento do <i>hub</i>
	Desperdício	X

Na Tabela 7, existem um conjunto de células cujo no seu interior se encontra “X”. Este valor deve-se ao facto de não existirem métricas atualmente em uso que dizem respeito a estes tipos de medidas de desempenho.

No caso da medida de desempenho “Mercado”, segundo a informação recolhida, os gestores dos centros de distribuição não exibem necessidade de relacionar esta medida com o desempenho das atividades internas visto que esta não tem qualquer impacto sobre o resultado destas atividades.

No caso da medida “Flexibilidade” o próprio especialista mencionou a insignificância de adotar um indicador deste tipo às operações deste centro de distribuição. Por outro lado, na medida “Entrega” tal como referido nas secções anteriores, esta medida encontra-se para além do âmbito do centro de distribuição, sendo também descartada da análise de desempenho. Por fim relativamente à medida “Desperdício”, o especialista refere que não existe qualquer controlo sobre este aspecto no centro de distribuição.

Para a elaboração da Tabela 7, foi criado um documento de estrutura semelhante. Dado à exigência do cargo do especialista, toda a otimização do tempo de preenchimento é essencial para isso, neste documento, foi acrescentada uma nova coluna onde se encontravam incluídas sugestões de indicadores de desempenho para cada uma das medidas de desempenho de forma a facilitar o entendimento da tabela por parte especialista. Nas medidas de desempenho “Tempo” e “Produtividade” surgiram alguns reparos feitos pelo especialista mediante aos indicadores de exemplo sugeridos.

Na medida de desempenho “Tempo”, foram sugeridos ao especialista, indicadores como tempo de receção e tempo de expedição no entanto segundo o mesmo, atualmente, este nível de detalhe não se encontra registado nas operações destes centros de distribuição sendo apenas considerado o indicador em cima retratado “tempo de aprvisionamento do *hub*”.

Em termos de produtividade foram sugeridos indicadores como “produtividade de expedição” ou “utilização do espaço de saída” no entanto, segundo as indicações do especialista, ambos os indicadores têm um elevado grau de dificuldade em termos de medição e portanto apenas consideram como indicador de produtividade, a métrica associada à mão-de-obra.

Na secção seguinte serão avaliados e analisados os indicadores apresentados na Tabela 7.

5.1.2 Discussão dos Indicadores 3M

Para a obtenção da informação referente ao detalhe de cada um dos indicadores apresentados na Tabela 7, foi elaborado um documento em formato Excel onde, para cada indicador recolhido, foram descritos com detalhe, pelo especialista da 3M, os elementos identificados por Neely et al., (1997) e Lohman et al., (2004). A estrutura do documento encontra-se descrita no Anexo C e nas secções seguintes serão analisados cada um dos indicadores recolhidos consoante as informações disponibilizadas pelo especialista no documento.

5.1.2.1 Número de Reclamações

O indicador “número de reclamações” é uma das métricas utilizadas para avaliar a insatisfação do consumidor sobre o desempenho prestado pelas organizações.

No caso da 3M, este indicador é calculado de duas formas: através de uma abordagem financeira relacionado com o valor das remessas reclamadas, em euros, ou através da percentagem de reclamações em relação ao número total de remessas.

A abordagem financeira calculada através da fórmula mensal (6), é utilizada pela 3M com a finalidade de identificar quais as remessas que têm mais impacto financeiro na sua atividade de forma a entender que ações futuras devem ser realizadas para minimizar a insatisfação de remessas mais prioritárias (valiosas) para o centro de distribuição.

$$\textit{Peso Remessa Reclamada} = \frac{\textit{Valor da Remessa Reclamada (€)}}{\textit{Valor Total das Remessas (€)}} \quad (6)$$

Estas reclamações geradas pelos consumidores podem ter origem quer em termos de inconformidade e danificação que a remessa ou encomenda apresenta ou quer em termos da violação do prazo de entrega estipulado. Com seria de esperar, a meta proposta para este indicador é a inexistência de reclamações. Apesar de existir um controlo informático incisivo desde a chegada das encomendas até à sua expedição, são raras as utilizações de transportadores automáticos na deslocação de produtos, tornando as operações internas maioritariamente da responsabilidade dos operadores permitindo a existência de erros humanos.

O objetivo deste indicador para a 3M é perceber o motivo de insatisfação do consumidor e tentar minimizar o agrupamento de reclamações que podem ser geradas por cada remessa. De forma a controlar melhor

este desempenho do centro de distribuição, a medição deste indicador é realizada em regime mensal ou semanal.

Mediante a informação fornecida apenas foi encontrado uma falha na construção desta métrica. No processo de recolha de informação, o especialista refere que a informação sobre o número de reclamações pode ser obtida por diversas fontes como o *feedback* do consumidor, representantes de atendimento ao consumidor, faturas não liquidadas e com observações ou através de *feedback* retirado do sistema CRM (*Customer Relationship Management*). O vasto número de fontes de informação por um lado mostra a facilidade e disponibilidade informacional que a 3M dispõe sobre este indicador por outro lado, é necessário existência de um sincronismo eficiente entre todas estas fontes de modo que a informação recolhida não seja perdida podendo colocar a fiabilidade de este indicador em questão.

5.1.2.2 Satisfação do Consumidor

Este indicador é outro modo de avaliar a a satisfação do consumidor comparando com a métrica acima referida, este indicador apresenta mais detalhe sobre a opinião do consumidor sobre o serviço prestado, facilitando assim o processo de identificação de melhorias.

Este indicador é medido através de questionários realizados a consumidores num período quadrimestral até um período anual. O objetivo deste indicador é semelhante ao do “número de reclamações” sendo que o seu foco é não gerar perda de consumidores. Os questionários, após respondidos pelo consumidor são enviados ou submetidos em plataformas que posteriormente são analisados por gestores de serviço a consumidores. Os resultados obtidos provenientes desses questionários são classificados em positivos ou negativos. Esta escala de medição de satisfação do consumidor apresentada não é a mais correta pois não apresenta qualquer diferenciação entre as respostas negativas apresentadas pelos consumidores. Esta inexistência de diferenciação permite a uniformização do grau de importância das respostas negativas no âmbito da solução de problemas, o que nem sempre é aplicável. Para isso a adoção de uma nova escala poderá ser uma solução pois auxilia a identificação de problemas sendo mais fácil entender que tipo de soluções serão necessárias para a sua resolução. Comparando com métrica apresentada na secção anterior, este indicador difere na qualidade e no detalhe da informação recebida por parte do consumidor sendo portanto, mais vantajoso, adotar uma abordagem mais detalhada sobre os problemas que são reportados em comparação com a análise do indicador anterior.

5.1.2.3 Produtividade da Mão-de-Obra

As operações internas dos centros de distribuição 3M são grande parte desempenhadas por operadores. A necessidade de medir a produtividade dos trabalhadores nestes centros é essencial caso seja queiramos ter uma visão global ou operacional do desempenho destas entidades.

Segundo a informação fornecida pelo especialista, este indicador tem como objetivo principal manter as operações internas da entidade o mais *lean* e eficientes possíveis, sendo necessário a realização constante

de análises aos recursos que são empregados de forma que, nas operações, não existam recursos sem utilização.

Esta métrica é calculada de duas formas tal como à semelhança do indicador “número de reclamações”, uma das formas é através do número de parcelas que se encontram finalizadas pelo número de horas-homem enquanto a segunda forma adota uma vertente financeira onde são referidos os custos das operações, que englobam por exemplo o custo de trabalhadores, pelo número de parcelas finalizadas. As parcelas são as unidades de menor nível manuseadas nos centros de distribuição da 3M e encontram-se finalizadas quando são englobadas em paletes de reconstrução com um determinado destino, em parcelas reconstruídas (conjuntos de parcelas com o mesmo destino) ou quando são parcelas individuais e não necessitam de processamento e são transportadas diretamente para o último estágio da reconstrução onde são fornecidos os documentos de expedição.

Sendo o objetivo deste indicador promover a produtividade através do uso de políticas *lean* a sua medição é efectuada diariamente, semanalmente ou até mensalmente conforme as variações dos fluxos de produtos no centro de distribuição. Em termos de fragilidades, este indicador apresenta uma meta bastante subjetiva referindo que apenas uma política de sem desperdício operacional quer a nível de paragem de operadores quer a nível de estagnação de operações. Esta meta, estando relacionada com a produtividade necessita de um propósito concreto e numérico de forma a quantificar o rendimento associado às operações internas. Tal como referido na secção 2.5.1, toda a informação relativamente ao fluxo de produtos provém de um planeamento que é executado através de ondas de mercadoria. Este planeamento contém informação específica de cada produto movimentado e a sua quantidade. Com estas informações presentes no sistema, permite a possibilidade de uma adoção de uma meta concreta, beneficiando de uma avaliação precisa ao estado das operações internas do *hub*.

5.1.2.4 Custos de Manuseamento

O rápido movimento de mercadoria ao longo do centro de distribuição em estratégias de *cross-docking* implica uma estratégia eficiente na deslocação da mercadoria. Dada a importância da movimentação da mercadoria, os custos de manuseamento correspondem a uma elevada percentagem dos custos totais desta entidade sendo necessário estabelecer um controlo rigoroso sobre os mesmos.

Este indicador encontra-se, maioritariamente associado, aos custos de trabalhadores e por exemplo ao desgaste de equipamentos que efetuam a deslocação da mercadoria, no entanto, no caso particular da 3M, estes custos são calculados de forma diferente.

Para além disso, este indicador, à semelhança de outros indicadores apresentados pela 3M adota também uma estratégia *lean* no seu objetivo. Este indicador pretende controlar a limitação do processamento das mercadorias em apenas processamentos necessários focando-se nas atividades de manuseamento que ocorrem dentro dos *hubs*. Cada *hub* contém uma configuração diferente em termos das suas atividades de manuseamento logo para além do seu custo de manuseamento variar de entidade para entidade, as metas propostas de cada uma também serão diferentes.

Estes custos de manuseamento são medidos mensalmente e o seu controlo é da responsabilidade da equipa de faturação do *hub*. O seu cálculo é dependente de duas variáveis: do número de unidades a serem movimentadas como, número de paletes, parcelas, paletes reconstruídas, mercadoria perigosa, entre outros e das tarifas que são aplicadas pelos parceiros logísticos, que neste caso são as empresas transportadoras. Estas tarifas aplicadas às atividades de manuseamento são preços acordados entre ambas as empresas e são influenciados através da competitividade do mercado. Uma das desvantagem deste indicador é o facto de o *hub* não ter o controlo total sobre estes custos visto que uma das variáveis deste indicador encontra-se associada a uma organização externa. A partilha de controlo sobre este indicador permite apenas a comparação eficiente de custos de manuseamento em períodos de tempo em que as tarifas são semelhantes, restringindo o âmbito em análise. Em termos de controlo sobre este indicador o *hub*, apenas poderá limitar o número de atividades a desempenhar, por exemplo agrupando atividades, de forma que existam menos tarifas aplicadas por cada atividades. A dependência de outras entidades e do mercado para a aplicação de tarifas implica a necessidade de uma monitorização sobre essas mesmas tarifas de forma a travar valores inapropriados e inflacionados. Na Tabela 8 encontra-se representado um exemplo descritivo do cálculo dos custos de manuseamento para um determinado *hub*.

Tabela 8 - Custo de Manuseamento por *hub*

	NomeHub_CXXX	Data: 05/2019	
Tarifas	Atividades	Unidades Manuseadas	Fatura
0.34 €	por unidade logistica (produto individual) reconstruída/solta	20000	6,800 €
2.00 €	por palete para a criação de uma palete completa	170	340 €
7.50 €	por separação manual de produtos	250	1,875 €
3.50 €	por palete para a reconstrução de paletes	700	2,450 €
1.05 €	por parcela para reconstrução de parcelas	300	315 €
7.00 €	por manuseamento de remessas com mercadoria perigosa e pela administração	66	462 €
	Total Mensal:	21486	12,242 €

5.1.2.5 Precisão da Remessa

A precisão da remessa é um indicador associado à atividade de expedição que apesar de ser realizada no interior do *hub* este não tem qualquer controlo sobre a sua execução. Este indicador baseia-se na correta construção das remessas expedidas realizada anteriormente na atividade da reconstrução, na assiduidade da expedição e no estado dos produtos expedidos (existência ou não de produtos danificados).

A precisão de remessa tem como principal objetivo entender e minimizar os erros associados à atividade de expedição tentando expedir todos os produtos requisitados pelos consumidores ou entidades de destino (próximo *hub*) nas melhores condições possíveis. Este controlo é feito num período mensal no entanto qualquer o erro associado às remessas não são detetados pelos operadores que efectuam a expedição mas sim apenas pelos transportadores, que detetam os erros durante as suas operações ou pelos destinatários, consumidores ou *hubs* de destino. Como referido na secção 4.4.4, após a saída da mercadoria do *hub*, não existe qualquer controlo no sistema do *hub* se esta foi ou não recebida ou se está ou não de acordo com as necessidades do consumidor ou da entidade recetora.

Todas estas informações são captadas pelo sistema TMS, referido em secções anteriores, na qual a 3M não tem acesso direto. Mediante isto, é possível notar a fragilidade deste indicador, devido à dependência que este apresenta quer na deteção de erros quer no registo dos mesmos. Esta métrica é calculada através da percentagem entre número de remessas expedidas a tempo, sem erros e sem danos em relação ao número total de remessas expedidas e a sua meta é de 99.30% pois uma meta de 100%, no ponto de vista do especialista é uma meta irrealista.

5.1.2.6 Tempo de Aprovisionamento do *hub*

Por fim, o último indicador utilizado pela 3M encontra-se relacionado com o tempo de processamento das operações internas. O tempo de aprovisionamento do *hub* como seria de esperar, tem uma grande influência no tempo de entrega acordado entre entidades ou o consumidor e portanto, o seu objetivo rege-se em conseguir realizar todas as operações internas no tempo expectável determinado pelo planeamento das ondas de mercadoria. Este indicador é medido diariamente e a sua medição começa desde a chegada do camião ao *hub* até à última tarefa de reconstrução executada. Segundo o especialista, o seu cálculo é realizado em termos percentuais através da divisão entre o tempo real de aprovisionamento e o tempo expectável de aprovisionamento. Este tempo expectável é calculado através da informação disponível no planeamento da onda mercadoria onde se tem conhecimento dos produtos/paletes que irão sofrer reconstrução e os que não vão ser reconstruídos e os destinos que estes irão tomar quer no interior do *hub*, podendo extrapolar o tempo de aprovisionamento para cada uma das ondas de mercadoria. Como seria de esperar a meta para este indicador é de 100%, quando tempo real de aprovisionamento iguala o tempo expectável. De modo geral, este indicador encontra-se bem construído e apresenta alguma utilidade no âmbito de análise de eficiência das operações internas do *hub*.

5.1.3 Indicadores 3M & SMART *Hub*

O conjunto de indicadores referidos na secção 5.1.2 encontram-se perfeitamente inseridos no sistema SMART *Hub* no entanto, alguns desses indicadores poderão fazer parte de certas métricas mais abrangentes referidas no sistema SMART *Hub* ou, apesar de apresentarem uma conceitualidade semelhante, apresentam fórmulas de cálculo diferentes.

No caso do indicador “Número de reclamações” este encontra-se totalmente referido quer em termos de estrutura de cálculo quer em termos de conceitualidade. O indicador “Satisfação do Consumidor” também se encontra referido no entanto, a apresentação de resultados deste indicador no sistema SMART *Hub* é diferente do método apresentado na secção 5.1.2.

No caso do indicador “Produtividade da mão-de-obra” este apresenta-se referido como o indicador “Rendimento” no sistema SMART *Hub*. Esta métrica “Rendimento” em termos conceituais é idêntica ao indicador “Produtividade da mão-de-obra” e também poderá ser idêntica em termos estruturais se for utilizada em contextos temporais.

O indicador “Precisão da remessa” encontra-se englobado na medida de desempenho “Qualidade” do sistema SMART *Hub*, mais precisamente na característica “Perfeitamente expedidas”, onde em termos de conceitualidade e de cálculo são idênticas.

Por fim, no caso dos indicadores “Custo de manuseamento do *hub*” e “Tempo de aprisionamento do *hub*” estes fazem parte de indicadores mais abrangentes referidos no sistema SMART *Hub* como o “Custo total do centro de distribuição” e o “Tempo de ciclo da encomenda” respetivamente.

Esta semelhança entre os indicadores presentes no sistema e os indicadores utilizados pela 3M permite validar a existência de compatibilidade do sistema SMART para análise de centros de distribuição e *hubs* o que permite fortalecer a metodologia seguida ao longo deste trabalho.

5.2 Desenvolvimento de Indicadores

5.2.1 Introdução

Até à presente secção apenas foram abordados temas referentes à implementação de sistemas, estratégias e indicadores sem referir as necessidades que a 3M apresenta em relação à medição de desempenho. O objetivo desta secção reside, portanto, na identificação e criação de possíveis indicadores que poderão ser benéficos na medição do desempenho dos seus centros de distribuição.

Para isso, de forma a perceber as necessidades da organização, foi realizada uma reunião via *Skype* com o especialista. Nesta reunião foram referidas preocupações na medição de desempenho associadas a operações externas ao *hub* (ultima milha) e a operações internas ao *hub*. No entanto, ao longo da reunião ficou estabelecido que o principal foco da análise de desempenho seriam as operações internas do *hub* e, após a sua conclusão, mediante as informações recolhidas foram enviados, por e-mail ao especialista, possíveis indicadores para validação que facilitariam a medição de desempenho dessas operações internas. Na Tabela 9 encontram-se os indicadores enviados.

Tabela 9 - Indicadores recolhidos em reunião via *Skype*

Indicadores
Precisão de encomendas
Poupanças associadas ao aumento da precisão de encomendas
Poupanças no planeamento (tempo de execução)
Poupanças no custo de manuseamento de documentos
Melhoria na qualidade

Após a validação dos indicadores, foram realizadas diversas trocas de e-mails para entender a possibilidade de recolha de informação sobre esses indicadores. Destes cinco indicadores apresentados

apenas foi possível obter informações sobre o indicador “Poupanças no planeamento (tempo de execução)”. Para o indicador “Precisão de encomendas” não foi possível obter informações pois as mesmas deveriam ser recolhidas de um centro de distribuição localizado na cidade de Budapeste no entanto devido a problemas associados ao sistema de leitura de código de barras, não foi possível efectuar essa recolha de informação. No caso do indicador “Poupanças associadas ao aumento da precisão de encomendas” o seu principal objetivo é a evasão de custos associados às encomendas algo que, antes da implementação do MixMove Match não existiu qualquer registo sobre os custos associados a este indicador, tornando impossível a medição do benefício causado. No caso do indicador “Melhoria na qualidade”, este também apresentou limitações na sua construção visto que não existe total controlo deste indicador por parte do *hub*, necessitando portanto, segundo o especialista, do contacto com entidades terceiras para a recolha de informação podendo existir limitações da sua partilha devido a interesses internos e ceticismo. Por fim, o indicador “Poupanças no custo de manuseamento de documentos” também não foi possível de desenvolver visto que não foram fornecidos dados referentes a estes custos de manuseamento quer antes da introdução de novas abordagens quer depois da sua implementação.

Apesar destas dificuldades apresentadas e através de outros dados operacionais recolhidos, foi possível desenvolver mais um indicador que não se encontra presente na Tabela 9, o indicador “Percentagem de unidades perdidas no *hub*”. Tanto este indicador relativo a unidades perdidas como o indicador “Poupanças no planeamento (tempo de execução)”, denominado na secção seguinte como “Eficiência Operacional por *hub*”, serão detalhados e analisados nas próximas secções.

5.2.2 Permilagem de Unidades Perdidas no *hub*

O controlo das unidades logísticas apresentado pela plataforma MixMove Match ao longo da cadeia de abastecimento é algo inquestionável e uma mais valia para gestão operacional das entidades.

Na chegada da mercadoria ao *hub*, a plataforma MixMove Match apresenta o detalhe diário de todas as unidades logísticas, desde da sua quantidade, do número de camiões de entrada utilizados para o transporte da mercadoria, número de parcelas individuais, número de unidades logísticas que serão utilizadas na reconstrução de paletes ou na reconstrução de parcelas como também alguns erros que poderão ter acontecido antes da chegada ao *hub*, como unidades perdidas e unidades danificadas.

Todas estas informações encontram-se descritas diariamente ao longo de três anos (desde 2017 até início de 2020) num documento em formato Excel que foi facultado para esta análise operacional encontrando-se agrupadas por cada centro de distribuição atualmente em funcionamento.

Para esta análise, foram contabilizados os dados referentes a um centro de distribuição presente em França denominado de “3M SOA Logistics” e um centro de distribuição presente na Áustria denominado de “Hall”. A escolha destes centros de distribuição foi baseada no número de unidades logísticas manuseadas que é bastante diferente entre ambos permitindo entender o comportamento do indicador para cada uma das realidades distintas. Os períodos analisados para a criação do indicador “unidades

perdas no *hub*” são referentes a 2018 e 2019 pois em 2017, para ambos os *hubs*, foi o ano de implementação da plataforma MixMove Match e portanto os dados apresentam uma certa instabilidade associada à implementação da plataforma. Já o presente ano de 2020 não foi contabilizado por existirem poucos dados para a realização de uma análise e também porque os dados a partir de Fevereiro se encontram manipulados devido ao ambiente peculiar associado à pandemia de COVID-19.

Como já referido, cada um centros de distribuição apresentam métodos operacionais diferentes mediante o ambiente em que se encontram. No ano de 2018, o mais movimentado para ambos os *hubs*, o 3M SOA *Logistics* apresenta um fluxo médio mensal de 98199 unidades logísticas manuseadas enquanto o *hub Hall*, apresenta uma fluxo médio mensal de 54298 unidades manuseadas o que corresponde a menos cerca de 55% em média de unidade logísticas manuseadas que o *hub SOA Logistics*.

No ano de 2018 o *hub 3M SOA Logistics* apresenta no total 1178391 unidades manuseadas enquanto no ano de 2019 apresenta 1156283 unidades manuseadas menos 22108 unidades, este decréscimo também é apresentado nos dados referentes ao *hub Hall* no entanto numa escala bastante menor, onde em 2018 foram manuseadas 651576 unidades e em 2019, cerca de 601723 unidades, menos 49853 unidades em relação a 2018 o que equivale a pouco mais de um mês de utilização do *hub Hall* no ano de 2019, onde a media mensal é de 50144 unidades.

Ao analisar o documento disponibilizado, percebeu-se que o número total diário de unidades logísticas segmentadas em parcelas individuais, para a reconstrução de paletes e para a reconstrução de parcelas, ainda contabilizava as unidades logísticas perdidas antes da chegada do *hub*. Com a exclusão destas unidades perdidas seria expetável ter o valor das unidades logísticas processadas/finalizadas no *hub* no entanto este valor não corresponde com valor referido no documento. Dito isto, existem portanto dois valores diferentes referentes ao número de unidades processadas/finalizadas: o valor expetável e o valor real. A diferença entre estes dois valores (valor expectável – valor real) irá originar o número de unidades logísticas perdidas no *hub* caso a diferença seja um valor positivo ou o número de unidades logísticas encontradas caso o valor seja negativo. O número de unidades encontradas no *hub* poderia também fazer parte de um indicador de desempenho mas não será considerado devido à escassa ocorrência nas operações. Na Tabela 10 encontra-se um exemplo desta análise.

Tabela 10 - Número de unidades perdidas e encontradas no processo

Data	Hub	Número expectável de unidades finalizadas	Número real de unidades finalizadas	Número de unidades perdidas no processo
7/31/2019	Hall	1769	1765	4
10/3/2019	Hall	4130	4131	-1

O indicador “permilagem de unidades perdidas no *hub*” encontra-se associado à soma dos valores positivo das diferenças entre os valores expetáveis e valores reais, em termos mensais, em relação ao total de unidades logísticas associadas como é demonstrado em baixo na fórmula (7) .

$$\text{Permilagem de Unidades Perdidas no Hub (\%)} = \frac{\Sigma (N^{\circ} \text{ expectável de un. finalizadas} - N^{\circ} \text{ real de un. finalizadas})}{\text{Total de unidades manuseadas}} \times 1000 \quad (7)$$

Na Tabela 11 estão referidos os valores utilizados para a medição deste indicador. Ao aplicar o indicador é de notar o seu resultado diminuto pois se encontra associado à grandeza dos dados utilizados. Para isso a unidade de permilagem será utilizada nesta análise.

Tabela 11 - Dados anuais de análise por *hub*

	2018		2019	
	<i>3M SOA Logistics</i>	<i>Hall</i>	<i>3M SOA Logistics</i>	<i>Hall</i>
Unidades Manuseadas	1178391	651576	1156283	601723
Unidades Perdidas no <i>Hub</i>	263	575	239	394
Permilagem de Unidades Perdidas no <i>Hub</i> (%)	0,223	0,882	0,207	0,665
Média Mensal de Unidades Perdidas no <i>Hub</i>	22	48	20	33

Os resultados apresentados pelo indicador revelam um decréscimo de unidades perdidas do ano de 2018 para o ano de 2019 em ambos os *hubs* sendo que para o *hub Hall* o decréscimo apresentado é mais notório representando uma descida de 181 unidades anuais perdidas que corresponde a menos $\approx 31\%$ que em termos da diferença anual do indicador corresponde a $0,227\%$. No *hub 3M SOA Logistics* a diminuição de unidades entre 2018 e 2019 foi de 24 unidades anuais perdidas que corresponde a uma diminuição do indicador de $0,016\%$.

Estes decréscimos apresentados pelo indicador encontram-se também associados à diminuição de unidades manuseadas ocorridas nos anos em análise. No entanto apesar de existirem grandes diferenças nos diferentes anos em ambos os *hubs* sobre as unidades manuseadas, a sua implicação no indicador é bastante reduzida.

No caso do *hub 3M SOA Logistics*, este tem uma diferença anual entre os períodos em análise de menos 22108 unidades, o que corresponde a menos $\approx 2\%$. Com a reposição destas unidades no ano de menor fluxo, o de 2019, e com o mesmo número de unidades perdidas (239) o indicador fica em 0,203 o que não é uma alteração significativa no cenário de 2019.

No caso do *hub Hall*, a diferença de unidades manuseadas entre os dois anos de análise ser bastante maior (49853 unidades). De forma a demonstrar esse acontecimento, foram adicionadas as 33 unidades mensais em média perdidas ao total anual de unidades perdidas do ano de 2019 (394 unidades) de modo a ficar idêntico ao ano de 2018, visto que 49853 é aproximadamente um mês de manuseamento de 2019 (50144 unidades mensais). Mesmo com estas adições, o indicador permanece em $\approx 0,65\%$ também devido às diferenças das ordens de grandeza entre os valores utilizados no indicador.

Para alcançar a diminuição do indicador em 0,05% para o ano de 2020, supondo que irão ser manuseadas o mesmo número de unidades que em 2019, para o *hub* 3M SOA *Logistics*, o número de unidades perdidas anuais terá que diminuir ≈ 57 unidades ou seja para ≈ 182 unidades e para o *hub Hall* terá que diminuir ≈ 24 unidades ou seja para 370 unidades perdidas. Esta redução é perfeitamente atingível para o *hub* 3M SOA *Logistics* pois para atingir o valor de 182 unidades terá que realizar uma média mensal 15 unidades, o que corresponde a menos 5 unidades que a média de 2019. No caso do *hub Hall*, também é atingível, pois para alcançar as 370 unidades perdidas, o *hub* teria que realizar uma média mensal de ≈ 31 unidades, uma média mais baixa que a média em 2019. No entanto para ambos os casos, numa situação ideal, o objetivo seria que o valor deste indicador fosse zero algo complexo de alcançar visto que se tratam de maioritariamente operações manuais. Em termos de periodicidade, este indicador deverá ser medido anualmente devido ao fluxo reduzido de unidades perdidas em termos mensais e deverá ser analisado pelo gestor de operações que caso sejam detetadas inconformidades deve visitar o local para a recolha de informações concretas.

Este indicador, apesar de representar valores bastante reduzidos, revela importância na avaliação operacional do *hub* pois a perda de unidades pode estar associada a elevados custos para entidade caso a perda seja em grande número ou esteja associada a produtos com valor monetário elevado. Para o melhor controlo desta situação poderá ser importante conhecer o valor das unidades perdidas.

5.2.3 Eficiência Operacional por *hub*

Nos *hubs* operados pela 3M, como já referido em secções anteriores, é adotada uma estratégia de *cross-docking*. Esta estratégia identifica-se pelo seu dinamismo operacional o que permite às entidades estabelecer tempos processuais bastante reduzidos comparando com outras estratégias. Esta característica foi melhorada com a digitalização de todos os conteúdos informacionais, protagonizada pela plataforma MixMove Match, que permitiu também um maior controlo e monitorização processual de todas as unidades logísticas existentes ao longo da cadeia de abastecimento. Sendo um dos objetivos destas entidades a rápida e eficiente conclusão das operações, é importante adotar indicadores temporais nas suas análises.

Para a construção deste indicador, foram analisados dados referentes a Janeiro de 2020 associados a dois *hubs* da 3M denominados de *Brucargo* e *Kleine*, situados respetivamente na Bélgica e na Alemanha. A dimensão da amostra de dados de análise deve-se à inexistência de dados reais e corretos de anos anteriores contudo com os dados disponibilizados foi possível retirar conclusões concretas com a aplicação do indicador.

No processo de criação do indicador “Eficiência operacional por *hub*” foram analisados documentos em formato excel, de cada um dos *hubs* em análise, que continham informações relativas às remessas que chegam a essas mesmas entidades. Algumas das informações relevantes que se encontravam no documento eram por exemplo o número GINC, a data e hora da criação da onda de mercadoria, o número de remessas que chegaram ao *hub*, o número total de unidades logísticas, paletes completas, paletes e

parcelas para reconstrução, parcelas individuais, o instante em que se deu a conclusão da última tarefa de reconstrução e o instante onde se realizou o início do *scan* na pré-separação, na reconstrução e também o instante do último *scan* da última unidade logística.

O cálculo deste indicador é apresentado na fórmula (8) onde “B” são os dados referentes ao *hub Brucargo* e “K” são os dados referentes ao *hub Kleine*. Este indicador é caracterizado por ser uma métrica associada a *benchmarking* pois compara o desempenho de dois *hubs* que, segundo um especialista da MixMove, são entidades que apresentam diferentes números de unidades manuseadas (67407 unidades – *Brucargo* e 167185 unidades – *Kleine*) no entanto têm operações internas idênticas.

$$Eficiência\ operacional\ por\ hub\ (\%) = \frac{\frac{Tempo\ total\ do\ n^{\circ}\ de\ remessas\ (B)}{N^{\circ}\ real\ de\ remessas\ (B)}}{\frac{Tempo\ total\ do\ n^{\circ}\ de\ remessas\ (K)}{N^{\circ}\ real\ de\ remessas\ (K)}} \times 100 \quad (8)$$

Para o cálculo deste indicador foi necessário conhecer o tempo de processamento de cada remessa sendo composto pela diferença entre o instante inicial de processamento e o instante da sua conclusão. Para isso, em primeiro lugar, através dos dados temporais fornecidos, é necessário entender qual o tempo de início de processamento de uma remessa. Esta variável foi calculada através da função MIN em Excel entre os instantes de *scan* na pré-separação, na reconstrução e da última unidade logística. O uso desta função deve-se ao facto de, por vezes, o instante associado à pré-separação não corresponder ao instante inicial do processamento devido a existência de alguns erros na identificação do instante medido. Com isto, e tendo informações sobre o instante da conclusão da última tarefa, o tempo de processamento é calculado através da expressão INT((AS22-BB22)*24*60), onde AS22 e BB22 são células de exemplo do documento Excel e que correspondem aos valores dos instantes da última tarefa e do instante inicial respetivamente no formato de AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMS que com a fórmula INT será modificado para número inteiros de forma a ser possível calcular a diferença entre os instantes. A multiplicação por 24 e 60 é para retornar o resultado da diferença em minutos. Na Figura 5 encontra-se um exemplo desta operação.

f ₆ =INT((AS22-BB22)*24*60)					
AS	AY	AZ	BA	BB	BC
Última Tarefa Finalizada	Instante de Pré-Separação	Instante de Reconstrução	Instante do Último Scan	Tempo Mínimo	Diferença (Tempo)
2020-01-02 17:17:33.037	2020-01-02 12:15:11.260	2020-01-02 12:15:02.627	2020-01-02 17:17:32.000	2020-01-02 12:15:02.627	302

Figura 5 - Cálculo do Tempo de Processamento

Para a obtenção dos dados relativo ao número real de remessas também foi executado um procedimento. O número GINC apresentado no documento em análise identifica cada uma das remessas que chegam ao *hub* no entanto, estas remessas podem chegar em diferentes camiões e terem o mesmo GINC como está mostrado na Figura 6 . Estes casos encontram-se desordenados ao longo do documento existindo a possibilidade de serem contabilizados como diferentes remessas caso a análise não seja feita de forma cuidada.

C	AS	AY	AZ	BA	BB	BC
GINC	Última Tarefa Finalizada	Instante de Pré-Separação	Instante de Reconstrução	Instante do Último Scan	Tempo Mínimo	Diferença (Tempo)
56000736706609702	2020-01-02 17:18:24.290	2020-01-02 14:53:23.927	2020-01-02 14:53:19.407	2020-01-02 14:44:37.640	2020-01-02 14:44:37.640	153
56000736706609702	2020-01-02 17:18:24.290	2020-01-02 13:55:22.343	2020-01-02 13:55:15.560	2020-01-02 17:18:23.000	2020-01-02 13:55:15.560	203

Figura 6 - Exemplo de uma remessa

Para que esta situação não aconteça, foi necessário saber quais as remessas que repetiam o número GINC, para isso, foi criada uma coluna no documento onde foi utilizada a função *Countlf* do Excel para registrar o número de repetições que cada número GINC ao longo do documento por exemplo =COUNTIF(\$E\$2:\$E\$3573,E7). Com a aplicação do filtro para cada uma das repetições existentes foi possível achar o número real de remessas, por exemplo caso existisse no documento 228 números GINC que se repetem 2 vezes então existiam, na realidade, 114 remessas ($\frac{228}{2}$). Com os tempos de processamento e os número reais de cada remessa foram calculados para cada um dos *hubs*, o tempo por remessa consoante a sua grandeza (repetições) e o tempo total por remessa como se encontra referido na Tabela 12 e Tabela 13 dos *hubs Brucargo* e *Kleine* respectivamente.

Tabela 12 - Resultados *Brucargo*

Brucargo				
Repetições	Nº Real de Remessas	Σ Tempos de Processamento (min)	Tempo / Remessa (min)	Horas (hh.mm)
5	1	8223	8223,0	137,03
4	3	6396	2132,0	35,32
3	17	7186	422,7	7,02
2	114	46579	408,6	6,49
1	3276	360578	110,1	1,50
Total	3411	428962	125,8	2,05

Tabela 13 - Resultados *Kleine*

Kleine				
Repetições	Nº Real de Remessas	Σ Tempos de Processamento (min)	Tempo / Remessa (min)	Horas (hh.mm)
8	1	1732	1732,0	28,52
5	3	4586	1528,7	25,28
4	14	16184	1156,0	19,16
3	41	41898	1021,9	17,02
2	155	90447	583,5	9,43
1	5247	1093380	208,4	3,28
Total	5461	1248227	228,6	3,48

Apesar destes resultados apresentarem em termos médios o funcionamento de cada um dos *hubs*, em termos comparativos, não é possível estabelecer qualquer tipo de avaliação devido à elevada diferença de remessas processadas entre os dois *hubs*. De forma a estabelecer uma comparação mais justa foi reduzido o número total de remessas do *hub Kleine* para o mesmo número total de remessas do *hub Brucargo* e foi eliminada a remessa com 8 repetições. Com esta modificação, os resultados relativos do *hub Kleine* apresentaram uma pequena mudança que se encontra representada na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados *Kleine* modificado

Kleine				
Repetições	Nº Real de Remessas	Σ Tempos de Processamento (min)	Tempo / Remessa (min)	Horas (hh.mm)
5	3	4586	1528,7	25,28
4	14	16184	1156,0	19,16
3	41	41898	1021,9	17,02
2	155	90447	583,5	9,43
1	3198	640097	200,2	3,20
Total	3411	793212	232,5	3,52

Esta primeira modificação levou à diminuição do número de remessas em 2049 unidades em remessas não repetidas ou seja com repetição igual a 1. Através do indicador “Eficiência operacional por *hub*” entende-se que o *hub Brucargo* consegue executar o mesmo número total de remessas (Tabela 12) com apenas $\approx 58\%$ do tempo do *hub Kleine* no entanto apesar do número total de remessas ser igual, existem remessas em ambos os *hubs* que, apesar de se apresentarem em menor quantidade, contribuem significativamente para o tempo de remessa total no caso do *hub Brucargo*, as remessas com duas e três repetições, contribuem com $\approx 12\%$ para o tempo total. Dito isto, foi realizada uma segunda modificação, desta vez na Tabela 12 referente ao *hub Brucargo*. Os valores referentes ao número real de remessas para cada um dos tipos de repetições foram substituídos pelos valores da Tabela 14 implicando um ajuste dos tempos de processamento mantendo o tempo por remessa de cada uma das repetições inalterado. Na Tabela 15 encontra-se representada essa segunda modificação.

Tabela 15 - Resultados *Brucargo* modificado

Brucargo				
Repetições	Nº Real de Remessas	Σ Tempos de Processamento (min)	Tempo / Remessa (min)	Horas (hh.mm)
5	3	24669	8223,0	137,03
4	14	29848	2132,0	35,32
3	41	17331	422,7	7,02
2	155	63331	408,6	6,49
1	3198	351993	110,1	1,50
Total	3411	487172	142,8	2,23

Comparando as Tabelas referentes ao *hub Brucargo*, existe uma subida de $\approx 13.5\%$, equivalente a 17 min por remessa, que dentro dos valores apresentados não é uma subida significativa. No entanto ao compararmos os dois *hubs* em condições idênticas (Tabela 14 e Tabela 15) o valor do indicador sobe de $\approx 58\%$ para $\approx 63\%$ apresentando uma diminuição de eficiência de 5%. Em termos de tempo pode-se concluir que o *hub Brucargo*, apesar desta diminuição de eficiência e tendo as mesmas operações internas que o *hub Kleine* e o mesmo número de remessas finalizadas precisa de menos $\approx 1h30min$ para processar todas as remessas, valores bastante relevantes quando se abordam operações cuja uma das prioridades é a minimização do tempo de ciclo da encomenda de forma a despoletar a máxima satisfação dos consumidores ou entidades recetoras.

Esta análise realizada refere-se à globalidade das remessas que são processadas, no entanto, cada remessa difere na tipologia das unidades logísticas que a compõem, podendo demorar mais ou menos

tempo a serem processadas. Dito isto é importante avaliar as remessas consoante a sua estrutura interna para se poder entender em que tipo de unidades logísticas é que se encontram as ineficiências das operações ao comparar os seus resultados temporais com resultados de outros *hubs* de operações semelhantes. Para isso, foram utilizados os dados das unidades logísticas que deram entrada nos mesmos *hubs*.

No *hub Kleine* deram entrada cerca de 167185 unidades logísticas no mês de Janeiro de 2020 enquanto no *hub Brucargo* deram entrada cerca de 67407 unidades o que apresenta uma diferença ≈ 100000 unidades logísticas. Na Tabela 16 estão apresentadas a quantidade de unidades logísticas mediante a sua tipologia, para cada um dos *hubs*. É importante lembrar que a soma destas quantidades não terá como resultado o número total de unidades logísticas visto que existem tipos de unidades logísticas, paletes, que aglomeram um elevado número de unidades logísticas.

Tabela 16 - Tipo de unidades logísticas por *hub*

	Brucargo	Kleine
Parcelas Individuais	17640	3867
Paletes Completas	512	2741
Paletes para Reconstrução	737	2815
Parcelas para Reconstrução	0	60

Dos quatro tipos existentes, as parcelas individuais e as paletes completas são as tipologias com processamento mais rápido ao longo das operações, sofrendo pouco ou nenhum tipo de transformação. De forma a perceber qual o impacto da tipologia das unidades logísticas nas remessas foi aplicado o quociente $\frac{\text{Tempo total por tipo de remessa}}{\text{N}^\circ \text{ total de cada tipo de remessa}}$ em que os resultados se encontram expostos na Tabela 17 para o *hub Brucargo* e *Kleine*. Caso um *hub* não processe um tipo de remessa irá estar representado um “X” na célula correspondente.

Tabela 17 - Tempo por tipo de remessa

	Brucargo	Kleine
Tipos de Remessas	Σ Tempo / Quantidade de tipo de remessa (min)	
Parcelas Individuais	11	31
Paletes Completas	43	7
Paletes para Reconstrução	175	231
Parcelas para Reconstrução	X	190
Parcelas Individuais + Paletes Completas	X	36
Parcelas Individuais + Paletes para Reconstrução	X	99
Paletes Completas + Paletes para Reconstrução	63	57
Parcelas Individuais + Parcelas para Reconstrução	X	93
Parcelas para Reconstrução + Paletes Completas	X	12
Parcelas para Reconstrução + Paletes para Reconstrução	X	155
Parcelas Individuais + Paletes Completas + Parcelas para Reconstrução + Paletes para Reconstrução	X	15

Estes tempos por cada tipo de remessa no entanto, não são comparáveis entre os dois *hubs* visto que a amostra de cada um dos tipos de remessa varia de *hub* para *hub*. Para isso, foi realizada uma harmonização das quantidades, utilizando sempre o menor número de quantidades apresentadas de cada um dos tipos de remessa para ser possível realizar uma análise aos tempos calculados. Na Tabela 18 estão apresentados os tempos por tipo de remessa com as quantidades harmonizadas.

Tabela 18 - Tempo por tipo de remessa (Quantidades Harmonizadas)

Tipos de Remessas	Quantidades Harmonizadas	Brucargo	Kleine
		Σ Tempo / Quantidade de tipo de remessa (min)	
Parcelas Individuais	3867	11	31
Paletes Completas	512	43	6
Paletes para Reconstrução	737	175	228
Parcelas para Reconstrução	X	X	X
Paletes Completas + Paletes para Reconstrução	941	63	42
Parcelas Individuais + Paletes Completas	X	X	X
Parcelas Individuais + Paletes para Reconstrução	X	X	X
Parcelas Individuais + Paletes Completas + Paletes para Reconstrução	X	X	X

Por fim, com os tempos de processamento harmonizados é aplicado o indicador representado em (8) com resultados na Tabela 19 onde quer no numerador, referente ao *hub Brucargo*, quer no denominador, referente ao *hub Kleine* são colocados os valores que dizem respeito às colunas “Σ Tempo / Quantidade de tipo de remessa”.

Tabela 19 - Resultados do indicador "Eficiência Operacional por hub"

Tipos de Remessas	Indicador
Parcelas Individuais	35%
Paletes Completas	717%
Paletes para Reconstrução	77%
Parcelas para Reconstrução	X
Paletes Completas + Paletes para Reconstrução	150%
Parcelas Individuais + Paletes Completas	X
Parcelas Individuais + Paletes para Reconstrução	X
Parcelas Individuais + Paletes Completas + Paletes para Reconstrução	X

Com os resultados obtidos, rapidamente se percebe a existência de certos valores acima de 100% como é o caso para o tipo de remessa “paletes completas” e “paletes completas + paletes para reconstrução”. Estes valores indicam que o *hub Brucargo* demora 7 vezes mais tempo a processar uma paleta completa e 1.5 vezes mais tempo a processar uma paleta completa juntamente com uma paleta para reconstrução que o *hub Kleine*. No entanto em remessas do tipo “parcelas individuais” e “paletes para reconstrução” o *hub Brucargo* desta vez apresenta vantagens em relação ao *hub Kleine* demorando apenas 35% (menos

24 minutos) e 77% (menos 56 minutos) do tempo que o *hub Kleine* demora a processar uma parcela individual e uma palete para reconstrução respectivamente. Estes valores são bastante relevantes porque possibilitam a visualização macro do desempenho das operações tornando mais fácil a detecção de situações passivas de melhoria de uma forma contínua.

Este indicador poderá ser medido em contexto mensal ou anual no entanto pela análise realizada, o método de recolha de dados tem que ser revisto pois existem alguns dados errados nos documentos apresentados e com o aumento da frequência de análise do indicador a amostra apresentada pode ser diminuta para que seja possível tirar ilações concretas e eficazes. Em relação à meta a atingir o indicador não tem nenhuma meta específica pois varia consoante a entidade com que se está a comparar podendo atingir valores acima de 100% ou inferiores a 100%. Em termos de possíveis responsáveis para a recolha de informação, o gestor de cadeias de abastecimento é o individuo indicado pois sendo uma métrica associada ao âmbito de *benchmarking* é importante o contacto com diferentes entidades dentro ou fora da cadeia de abastecimento.

5.3 Adição de Elementos Estruturais

Para a finalizar criação de indicadores é necessário, tal como referido na secção 4.1, definir elementos que fortalecem a sua estrutura. Para ambos os indicadores os elementos nome, objetivo/propósito, fórmula e unidade medida já se encontram referidos na análise realizada no entanto os elementos: frequência, o responsável pela recolha de dados, as ações futuras não se encontram referidos em ambos os indicadores sendo que a meta também não se encontra referida no indicador “Eficiência Operacional do hub”.

Para o indicador “Percentagem de encomendas perdidas no *hub*”, a frequência de medição seria mensal/anual visto que é um indicador que apenas apresenta resultados relevantes em contextos de médio/longo prazo no entanto a mudança na frequência de medição deve ser adaptada consoante as operações internas destas entidades, uma entidade com operações estabilizadas (com número de erros reduzidos) como a 3M apenas faz sentido avaliar num panorama anual. No âmbito da recolha de dados, esta deve ser protagonizada por um sistema de informação fiável no entanto caso não exista essa possibilidade de recolha de informação deverá ser feita pelo responsável de operações do centro de distribuição ou *hub*. Em termos de futuras ações, estas passarão apenas por um maior controlo das operações podendo destacar supervisores para a monitorização das operações caso seja estritamente necessário e seja uma ação financeiramente viável.

Para o indicador “Eficiência operacional por *hub*”, a frequência na sua medição há semelhança com o indicador “Percentagem de encomendas perdidas no *hub*” também pode ser medido quer mensalmente quer anualmente comparando com o outro indicador, este em período mensal apresenta valores bastante mais relevantes não precisando de depender da instabilidade operacional da entidade. Em termos de meta, este indicador não apresenta um valor específico no entanto deve-se apresentar próximo dos valores retratados por uma entidade de referência visto que é baseado em conceitos de *benchmarking*. O

responsável pela recolha de dados, à semelhança do indicador anterior, também poderá ser um sistema de informação no entanto caso não haja essa possibilidade deverá ser um responsável de cadeia de abastecimento visto que este mantém um contacto com várias entidades externas que poderão servir de exemplo de comparação para a entidade em estudo. Por fim no caso de ações futuras, estas passarão por encontrar mais entidades de referência e atualizar e monitorizar as operações internas das entidades.

5.4 Associação de Indicadores

Após a realização de uma triagem aos indicadores pesquisados, na secção 4.4.4, da discussão dos indicadores 3M na secção 5.1.2 e da criação de indicadores na secção 5.3, será feita, de seguida, a associação global dos indicadores de ambas as secções através da adaptação da metodologia referida por Frazelle, (2002b) e Staudt et al., (2015), no contexto dos *hubs* da 3M.

Esta adaptação passa, em primeiro lugar, pela modificação da estrutura destas tabelas apresentadas no Anexo A e Anexo B. Esta modificação envolve a substituição das atividades que se encontram representadas nestas tabelas como, o deslocamento das encomendas, o armazenamento e a recolha, visto que são atividades que não se encontram presentes nas atividades internas dos *hubs* da 3M, pela atividade de reconstrução pois é a única e a principal atividade ocorrida entre a receção e a expedição.

Para além desta modificação, na metodologia referida por Staudt et al., (2015), será feita a substituição da atividade “Entrega” pela atividade de “Expedição” e a inclusão de algumas medidas de desempenho como a Satisfação do Consumidor e o Desperdício, provenientes da Tabela 6 da secção 4.4.4, ao conjunto das perspectivas referenciadas nas tabelas. Apesar das atividades de “Expedição” e “Entrega” não se encontrarem no domínio do *hub*, a atividade de “Expedição” é uma atividade interna à entidade e portanto será contabilizada nesta análise. No caso das medidas de desempenho, serão incluídas nas tabelas: a satisfação do consumidor e desperdício de modo a que os indicadores selecionados possam ser associados às operações internas específicas dos *hubs* da 3M ou aos processos de entrada e de saída dos mesmos.

Na segunda tabela, referente aos recursos também abordada por Staudt et al., (2015) foi incluída a medida de desempenho “Flexibilidade” à coluna das perspectivas visto que os métricas pertencentes a esta medida encontram-se relacionados com equipamentos e mão-de-obra.

De forma a completar esta tabela, serão colocadas as métricas utilizadas atualmente pelos *hubs* e os indicadores que foram criados para esta dissertação. Nas tabelas seguintes encontra-se representado o agrupamento dos indicadores mencionados através da metodologia de Staudt et al., (2015).

Tabela 20 - Indicadores de desempenho [Adaptado: Staudt et al., 2015]

Perspectivas	Atividades - Indicadores Específicos		
	Receção	Reconstrução	Expedição
Tempo	X	X	Encomendas expedidas a tempo;
Qualidade	X	Perfeitamente fiáveis*; Perfeitamente recolhidas; Perfeitamente faturada; Perfeitamente documentada; Percentagem de unidades perdidas no <i>hub</i> ;	Perfeitamente expedidas; ou Precisão de remessa;
Satisfação do Consumidor	X	X	X
Custo	X	X	Custo de expedição por pedido
Desperdício	X	Quantidade total de materiais utilizados	X
Produtividade	X	Eficiência operacional por <i>hub</i>	Utilização de veículos; % de utilização dos portões de expedição;
Perspectivas	Processos - Indicadores Transversais		
	Processos de Entrada		Processos de Saída
Tempo	Tempo de ciclo da encomenda; Tempo de aprovisionamento do <i>hub</i> ;		
Qualidade	Percentagem de encomendas perfeitas; Perfeitamente comunicada;		
Satisfação do Consumidor	X	Retorno de encomendas*; Número de reclamações*; Taxa de satisfação do consumidor*; Satisfação do consumidor*;	
Custo	Custo total do centro de distribuição; Custo de manuseamento do <i>hub</i> ;		
Desperdício	Consumo de energia; Custos associados à conformidade ambiental;		
Produtividade	Rendimento (<i>Throughput</i>)		

Tabela 21 – Indicadores de desempenho relacionados com recursos [Adaptado: Staudt et al., 2015]

Perspectivas	Indicadores relacionados com Recursos	
	Mão-de-Obra	Equipamentos
Tempo	X	X
Qualidade	X	X
Flexibilidade	Flexibilidade de mão-de-obra	Flexibilidade de manuseamento
Custo	X	X
Produtividade	Produtividade da mão-de-obra	X

Nestas duas tabelas existem alguns indicadores que se encontram assinalados com um “*”. Esta simbologia implica uma particularidade que foi encontrada no momento do preenchimento destas tabelas. Na característica “Perfeitamente fiáveis” do indicador “Percentagem de encomendas perfeitas” a particularidade encontrada foi o facto desta característica ser medida não só pela quantidade exata de produtos mas também pela entrega atempada dos mesmos, uma atividade que não se encontra no domínio do *hub* no entanto, por se referir à quantidade exata de produtos na sua forma de cálculo, esta característica irá manter-se na atividade de reconstrução pois é onde se realiza esse controlo de quantidades. As restantes características deste indicador, ao contrário do que se passou no sistema SMART, encontram-se divididas ao longo da tabela pois continuam a pertencer à perspectiva “Qualidade” não mudando o seu propósito de medição. Os indicadores relativos à satisfação do consumidor também se encontram

assinalados pois apesar de serem associados ao ato da entrega e dependerem do parecer dos destinatários, a atividade de entrega não faz parte do funcionamento do *hub* e, portanto, de forma a continuar a englobar estes indicadores, estes serão incluídos nas atividades de reconstrução e expedição visto que os seus resultados dependem do desempenho destas atividades.

No caso dos indicadores que foram criados para este trabalho, “Percentagem de unidades perdidas no *hub*” e “Eficiência operacional por *hub*”, ambos encontram-se associados à atividade de reconstrução pois é onde se executa maioritariamente o manuseamento de unidades logísticas e é a atividade que mais incentiva ao aparecimento de erros e ineficiências no tempo de processamento de remessas. O indicador “Percentagem de unidades perdidas no *hub*” encontra-se associado à perspetiva “Qualidade” pois a existência de unidades perdidas diminui a qualidade da operação do *hub* e conseqüentemente também diminui qualidade do serviço prestado. Por outro lado, a métrica “Eficiência operacional por *hub*” encontra-se associada com a perspetiva “Produtividade” pois ao estar relacionada com os tempos de processamento das operações, o seu desempenho será diretamente influenciado pela produtividade dos operadores.

No caso do indicador “% de utilização dos portões de expedição”, este está associado à perspetiva de produtividade visto que a utilização destes portões pode estar relacionado com o rápido ou reduzido desempenho das operações internas por exemplo, uma elevada produtividade, irá gerar um elevado número de remessas finalizadas num período de tempo reduzido sendo utilizados um maior número de portões de expedição.

Por fim, o indicador “Quantidade total de materiais utilizados” encontra-se relacionado com a atividade reconstrução pois a aplicação de plásticos através de equipamentos de vitafilmagem e a impressão de documentos é realizada no final desta atividade.

Neste conjunto de indicadores apenas não estão referidos os indicadores “Entrega perfeita”, por estar associada à atividade de entrega, e o indicador “Entrada perfeita” que, está relacionado com uma operação anterior à receção das remessas, a encomenda dos produtos.

Para a alocação da metodologia proposta por Frazelle, (2002b), para além da inclusão da atividade de reconstrução, ao nível das perspectivas também foi adicionada a “Flexibilidade”. Os indicadores associados a esta perspetiva foram incluídos na atividade de reconstrução pois é onde maioritariamente se encontram os recursos que influenciam esta medição.

Uma das diferenças entre a metodologia de Frazelle, (2002b) em relação à metodologia de Staudt et al., (2015) é a existência da perspectiva “Utilização”. A introdução desta perspectiva permitiu a inclusão de indicadores como “Quantidade total de materiais utilizados”, “Utilização de veículos” e “% de utilização dos portões de expedição” que outrora, na metodologia de Staudt et al., (2015), estavam inseridos na atividade de expedição e reconstrução.

A Tabela 22 comparando com as tabelas provenientes da metodologia de Staudt et al., (2015), apresenta um número reduzido de indicadores pois a sua estrutura não permite a inclusão de indicadores transversais entre atividades como é o caso de indicadores que envolvem a satisfação do consumidor.

Tabela 22 - Indicadores de desempenho [Adaptado: Frazelle, (2002b)]

Atividades	Perspetivas					
	Financeira	Produtividade	Flexibilidade	Utilização	Qualidade	Tempo de Ciclo da Encomenda
Receção	X	X	X	X	X	Tempo de ciclo da encomenda
Reconstrução	X	Eficiência operacional por hub	Flexibilidade de mão-de-obra; Flexibilidade de manuseamento;	Quantidade total de materiais utilizados	Perfeitamente fiáveis*; Perfeitamente recolhidas; Perfeitamente faturada; Perfeitamente documentada; Porcentagem de unidades perdidas no hub;	
Expedição	Custo de expedição por pedido	X	X	Utilização de veículos; % de utilização dos portões de expedição;	Perfeitamente expedidas; ou Precisão de remessa;	

5.5 Benefício MixMove

A criação da plataforma MixMove foi iniciada em 2011 através do projeto iCargo e desde aí foi sofrendo atualizações para melhorar o seu desempenho dos centros de distribuição. Uma das mais recentes atualizações foi relativo ao modo de processamento das remessas e da recolha das informações das mesmas para as suas fichas de informativas (*bookings*). Esta atualização ocorreu no *hub* de *Ratingen* na Alemanha, que é caracterizado por manuseamento de carga para transporte aéreo, em que o processamento das remessas se alterou de *booking* manual para *booking* automático. Esta nova abordagem facilitou bastante o trabalho dos expedidores principalmente quando era manuseada mercadoria perigosa, passando a ser declarada automaticamente (captura automática da informação da mercadoria).

Para além desta vantagem, o processamento em termos físicos também se tornou mais rápido visto que o *scan* e a finalização das remessas se tornou mais eficiente, deixando de ser necessário a captura das dimensões das remessas de forma manual para passarem a serem integradas automaticamente nos *bookings*. Este novo processo fez com que existisse, segundo o especialista, uma poupança média de cerca de 15 minutos no processamento de cada remessa. Na Tabela 23 encontram-se alguns dados da análise realizada.

Tabela 23 - Dados *hub Ratingen*

	Dezembro (2019)	Janeiro (2020)
Nº de Remessas	1067	675
Média de Remessas	34	31
Tempo total de Processamento (min)	X	65338
Rácio (Minutos/Remessas)	X	96,8
Rácio (Horas/Remessas)	X	1,36

A existência de poupanças nestas operações conduziu, em Dezembro, para uma média de 34 unidades um total de 8 horas e 30 minutos ($\frac{15 \times 34}{60}$) e em Janeiro, um total de 7 horas e 45 minutos em média por 31

unidades ($\frac{15 \times 31}{60}$). Em termos de globais, estas poupanças chegam a ser, para Dezembro, de 16005 minutos que corresponde ≈ 267 horas ($\frac{1067 \times 15}{60}$) que, partindo do pressuposto que o rácio de Janeiro, em horas (1,36), foi semelhante ao de dezembro, com esta poupança poderão ser processadas mais 196 remessas ($\frac{267}{1,36}$) o que corresponde a um aumento de 18,3%. Já no mês de Janeiro, a nível global, as poupanças foram de 10125 minutos que corresponde ≈ 169 horas ($\frac{675 \times 15}{60}$) que com o rácio apresentado neste mesmo mês equivale ≈ 124 remessas ($\frac{169}{1,36}$) que corresponde também a um aumento de 18,3%.

Para além disso, estas poupanças adquiridas também podem ser analisadas em termos de custos fixos. Ao serem poupadas ≈ 8 horas em cada um dos meses e caso esta tendência se repetia, um dos operadores do centro de distribuição poderá ser dispensado permitindo assim uma redução dos custos fixos da entidade.

5.6 Sumários dos resultados alcançados

Após da caracterização do problema e da realização de uma revisão bibliográfica, nesta secção deu-se início à resolução do caso de estudo.

Em primeiro lugar, começou-se por definir a metodologia para resolução do caso de estudo de modo a que a análise realizada se encontre estruturada e objetiva facilitando a apresentação de oportunidades de melhoria. Esta metodologia como já referida na secção 4 encontra-se dividida em três fases: a primeira é composta por uma pequena introdução à caracterização de indicadores de desempenho, ao sistema a ser aplicado e aos indicadores presentes em cadeias de abastecimento e centros de distribuição, a segunda fase é composta por uma análise crítica dos indicadores existentes, criação de novos indicadores e análise de resultados e a terceira é constituída pela associação de indicadores às operações internas e pela exibição de benefícios.

Na primeira fase da metodologia adotada foi realizada uma pesquisa detalhada sobre a caracterização e avaliação de indicadores de desempenho e indicadores presente em cadeias de abastecimento. Os argumentos escolhidos de caracterização e avaliação de indicadores foram abordados Neely et al., (1997), Lohman et al., (2004) que posteriormente foram utilizados, na segunda fase, na análise crítica dos indicadores existentes. Para além disso, nesta primeira fase, aplicou-se o sistema SMART aos indicadores de desempenho recolhidos no âmbito de cadeias de abastecimento. Sendo a entidade em estudo, o *hub*, foi realizada uma segmentação dos indicadores recolhidos de forma a que estes se encontrassem associados a esta entidade.

Na segunda fase da metodologia começou-se por estudar os cinco indicadores que foram disponibilizados pela 3M através do contacto com o especialista. Este estudo foi executado com base nas características, referidas pelos autores em cima referidos, que apresentam para a uma construção do indicador e consistiu na descrição do indicador, possíveis erros do mesmo e na forma de recolha de informação.

Após a análise dos indicadores, desenvolveu-se criação de dois novos indicadores que podem melhorar a a medição de desempenho operacional destas entidades. O indicador “Percentagem de Unidades Perdidas no *hub*”, tal como o nome indica permite compreender qual a fiabilidade das operações internas destas entidades. Apesar de este indicador apresentar valores muito próximos do ótimo (0.223‰ das unidades manuseadas no *hub* 3M SOA *Logistics* em 2018 são perdidas) continua a ser relevante ter em conta pois no caso do *hub* *Hall* nos anos de 2018 e 2019 cerca de 2 unidades logísticas foram perdidas diariamente durante as operações. Este número de unidades perdidas também representa um valor bastante reduzido no entanto dependendo do custo que estas unidades possam possuir, este número pode tornar-se mais ou menos relevante. O indicador “Eficiência Operacional por *hub*” por sua vez, é uma métrica que adota um âmbito relacionado com *benchmarking* visto que o seu cálculo aborda a comparação entre duas entidades. Para este indicador, foram recolhidas informações de 2019 que através da aplicação do indicador indicam que o *hub* *Kleine* é mais eficiente que o *hub* *Brucargo* em remessas que contenham apenas paletes completas, apresentando menos 37 minutos por remessa, e remessas com paletes para reconstrução e paletes completas, apresentando menos 21 minutos por remessa. A criação deste indicador permite a possibilidade, mediante os resultados obtidos e complementando com uma visita ao local, de forma a entender que tipo de oportunidades de melhoria podem ser executadas como por exemplo modificação do layout do hub tendo em conta o fluxo de unidades logísticas apresentado, o aumento do número de operadores, entre outros, e em que situações específicas (hub ou tipo de remessa) devem ser aplicadas as mesmas.

Por fim na terceira fase, após a criação e análise de resultados, foram realizadas associações de todos os indicadores discutidos ao longo deste trabalho, no âmbito dos *hubs*, às atividades pertencentes nos mesmos através da utilização das tabelas modificadas referidas pelos autores Frazelle, (2002b) e Staudt et al., (2015). Estas associações permitem compreender que tipo de indicadores podem ainda ser explorados em contexto operacional e qual o seu âmbito de medição. Nesta parte final da metodologia foi ainda apresentado um dos benefícios que a plataforma MixMove Match proporcionou a um dos *hubs* utilizados pela 3M, a introdução de integrações automáticas sobre os detalhes das remessas, que protagonizou uma diminuição nos tempos de processamento, aumentando a capacidade operacional e uma possibilidade na redução de custos fixos.

Em termos de aspetos a acrescentar ao trabalho desenvolvido, poderão ser acrescentados mais indicadores de desempenho associados às entidades de centro de distribuição ou *hubs* visto que não existe nenhum consenso sobre esta matéria e também por ser um tema associado a melhoria contínua, devem ser apresentados melhoramentos associados à construção de indicadores e na acessibilidade a outros tipos de informação através de entrevistas a intervenientes ou até mesmo através do conhecimento dos sistemas implementados de forma a fundamentar mais o trabalho desenvolvido e facilitar o melhoramento de indicadores ou a criação de novos.

6 Conclusão e Desenvolvimentos Futuros

Na realização deste trabalho foi estudado o desempenho operacional de centros de distribuição 3M (*hub*) através da parceria de uma empresa tecnológica, MixMove, que monitoriza e otimiza as operações internas nestas entidades. Mediante a necessidade encontrada nestas entidades de executar uma avaliação dedicada e eficaz sobre as suas operações, o objetivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento de uma metodologia sistemática que conseguisse complementar a avaliação de desempenho às entidades em estudo (*hubs*), na adoção de metodologias teóricas que permitiram uma melhor estruturação na avaliação destas entidades e na realização de uma análise crítica aos indicadores da 3M atualmente em utilização bem como a criação de novos que enriquecem a sua avaliação operacional.

Através da caracterização do problema, conseguiu-se entender o funcionamento processual interno de um centro de distribuição e o papel que a empresa MixMove promove ao longo das operações internas com a ajuda de sistemas de informação robustos que permitem, em tempo real o acompanhamento em tempo real de todas as unidades logísticas. Esta empresa, a par da 3M, foi fundamental no processo de aquisição de informação para que fosse possível proceder com objetivo deste trabalho.

Após a exposição do problema foi realizada uma revisão de literatura onde foram abrangidos temas globais associados a logística, cadeias de abastecimento e redes de distribuição até conceitos mais ligados aos centros de distribuição e avaliação de desempenho como *cross-docking*, operações internas de armazéns, sistemas de medição de desempenho (BSC, pirâmide SMART e modelo SCOR) e indicadores de desempenho. Com esta pesquisa e focando nos principais aspetos que caracterizam o problema em questão de avaliação de desempenho nestas entidades, identificou-se, portanto, que o sistema SMART seria o mais apropriado para este trabalho e que as metodologias teóricas de (Frazelle 2002) e (Staudt et al., 2015) seriam as mais adequadas para uma melhor visualização e organização de indicadores de desempenho utilizados na avaliação de desempenho. Para além disso, conclui-se que algumas das informações recolhidas eram no âmbito de armazéns e que os sistemas de medição de desempenho encontravam-se bastante direcionados para o âmbito de cadeias de abastecimento provando, que existe atualmente escassas informações nestes âmbitos no contexto de centros de distribuição sendo uma mais valia a execução deste trabalho.

De forma atenuar esta situação, primeiramente, foram adotadas metodologias no âmbito da caracterização e avaliação de indicadores de desempenho que foram posteriormente utilizadas na análise aos indicadores 3M adquiridos. Depois, foram recolhidos através de uma extensa pesquisa, indicadores de desempenho relativos a cadeias de abastecimento que, posteriormente foram aplicados ao sistema de medição de desempenho SMART escolhido de forma a que de seguida, se pudesse ser realizada uma segmentação dos mesmo até a aquisição de um sistema SMART puramente operacional, ao nível dos *hubs*.

Posteriormente, a análise realizada aos indicadores adquiridos foi caracterizada pela falta de resultados sobre a aplicação desses indicadores no ambiente logístico devido à existência de vários parceiros logísticos que não permitiam a exposição dessas informações tornando esta análise mais descritiva.

Apesar desta limitação, através desta análise, conseguiu-se entender que as deficiências apresentadas eram ao nível da medição, da forma de recolha de informação e em um dos casos da meta a alcançar.

No processo de criação de indicadores foram analisados documentos operacionais de quatro *hubs*: o *hub Hall*, o *hub 3M SOA Logistics*, o *hub Brucargo* e o *hub Kleine*. Para o primeiro indicador “Percentagem de Unidades Perdidas no *hub*” foram analisados documentos de anuais de 2018, 2019 referentes ao *hub Hall*, *hub 3M SOA Logistics*. Ao analisar estes dois *hubs* percebeu-se que as operações de ambos se encontram bastante otimizadas, apresentando um volume de unidades perdidas significativamente baixo, tendo sido necessário recorrer à unidade de medida de permilagem para garantir ordens de grandeza mais usuais como 0,207‰ no *hub Hall* e 0,655‰ no *hub 3M SOA Logistics* no ano de 2019. Estes valores apesar de serem reduzidos, continuam a serem expressivos pois, em termos de encomendas, o *hub Hall* perde diariamente 2 encomendas e este valor de encomendas pode tornar-se ainda mais relevante, caso as mesmas representem valores avultados.

No caso do indicador “Eficiência Operacional por *hub*” este foi criado através de documentos operacionais associados às unidades logísticas que entram e saem dos *hubs Brucargo* e *Kleine*. Este indicador caracteriza-se por estar associado a uma prática de *benchmarking* comparando em termos percentuais duas entidades. Ambos estes *hubs* apresentam operações internas semelhantes, no entanto resultados bastante diferentes. Para quantidades idênticas o *hub Brucargo* demora menos 20 minutos que o *hub Kleine* a deslocar uma parcela individual para a zona de expedição, no entanto o *hub Kleine* apresenta menos 37 minutos, que o *hub Brucargo*, a deslocar uma encomenda de paletes completas para expedição. Esta métrica permite entender qual o estado operacional de cada uma das entidades e identificar possíveis ineficiências processuais.

Com os resultados apresentados, permitiu-se concluir que apesar de muitas destas operações já se encontrarem maioritariamente otimizadas ainda é possível efetuar melhorias e localizar possíveis falhas. No entanto, verificou-se que a escassa disponibilidade de informação gerou dificuldades na análise realizada o que poderia ter melhorado a consistência e a representatividade dos resultados. Apesar desta limitação, os resultados apresentados revelaram-se positivos.

Após a criação de indicadores e análise de resultados foi realizada a associação de todos os indicadores operacionais discutidos ao longo deste trabalho, referidos na SMART Hub, pela 3M e os que foram criados. Para essa associação foram adaptadas as metodologias de Frazelle, (2002b) e Staudt et al., (2015), já referidas neste trabalho, permitindo entender o posicionamento dos indicadores analisados consoante as perspectivas apresentadas por estes autores, melhorando a avaliação operacional destas entidades.

De seguida, foi analisado um documento operacional de um outro *hub*, o *hub Ratingen*. Esta análise tinha como propósito avaliar a mudança do desempenho desta entidade com a introdução de um novo método de processamento de remessas. Esta nova funcionalidade permitiu no mês de dezembro o *hub Ratingen* poupar cerca de ≈ 267 horas o que corresponde a um aumento de 18,3% de remessas a serem expedidas, caso o rácio entre número de horas e remessas de janeiro fosse semelhante ao de dezembro. Para além

disso, com estas poupanças é possível diminuir os custos fixos da entidade através da redução de um trabalhador.

Por fim, em termos de trabalho futuro, seria interessante a 3M aumentar o seu leque de indicadores de desempenho e aplicar o conceito de benchmarking ao resto das entidades que detém de forma a estabelecer melhorias constantes nas suas operações, aplicar o sistema SMART na sua totalidade identificando, para cada um dos indicadores necessários, as pessoas responsáveis, validar o sistema SMART em conjunto com especialista da empresa de forma a perceber mais detalhes necessários aos indicadores apresentados como a periodicidade de recolha de informação e integrar este sistema SMART ao sistema de informação já implementado para uma melhor recolha de informação.

A realização deste trabalho contribuiu para o complementar de uma literatura escassa em relação a sistemas de medição desempenho associados a centros de distribuição bem como para ajudar a empresa 3M a identificar potenciais ineficiências nos seus processos e facilitar a futura criação de indicadores robustos e eficazes. Por outro lado, poderia ser interessante aplicar a metodologia operacional do sistema SMART a outras empresas com ou sem estrutura semelhante à 3M visto que os indicadores apresentados que o constituem são generalizados a quaisquer centros de distribuição.

7 Referências Bibliográficas

- Fortune Media IP Limited. (26 de Novembro de 2019). *Fortune*. Obtido de Fortune 500: <https://fortune.com/fortune500/2019/search/?name=3m>
- 3M. (2018). *Anual Report*. Retrieved from Investors.3M: https://s24.q4cdn.com/834031268/files/doc_financials/annual/2018_3M_Annual_Report.pdf
- 3M. (2019, November 27). *Timeline of 3M History*. Retrieved from 3m: Science Applied to Life.: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/about-3m/history/timeline/
- Amours, S. D., Rönnqvist, M., & Weintraub, A. (2008). Using Operational Research for Supply Chain Planning in the Forest. *INFOR*, 265-281.
- An, Y., Zhang, Y., & Zeng, B. (2015). The reliable hub-and-spoke design problem: Models and algorithms. *Transportation Research Part B: Methodological*, 103-122.
- Angerhofer, B. J., & Angelides, M. C. (2006). A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. *Decision Support Systems*, 283-301.
- Apte, U. M., & Viswanathan, S. (2000). Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies. *International Journal of Logistics*, 291-302.
- Aramyan, L. H., Lansink, A. O., Van der Vorst, J., & Van Kooten, O. (2007). Performance measurement in agri-food supply chains: a case study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 304-315.
- Ashford, N. J., Mumayiz, S. A., & Wright, P. H. (2011). *Airport Engineering: Planning, Design, and Development of 21st Century Airports*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons INC.
- Baker, P. (2006). Designing distribution centres for agile supply chains. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 207-221.
- Bartholdi, J. J., & Gue, K. R. (2001). Reducing Labor Costs in an LTL Crossdocking Terminal. *Operations Research*, 823-832.
- Bartholdi, J. J., & Gue, K. R. (2004). The best shape for a Crossdock. *Transportation Science*, 235-244.
- Bartolacci, M. R., LeBlanc, L. J., Kayikci, Y., & Grossman, T. A. (2012). Optimization modeling for logistics: Options and implementations. *Journal of Business Logistics*, 118-127.
- Beamon, B. M. (1998). International Journal of production economics. *Supply chain design and analysis: Models and methods*.
- Bhagwat, R., & Sharma, M. K. (2007). Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach. *Computers and Industrial Engineering*, 43-62.

- Bini, S., & Buglione, L. (2003). La norma UNI 11097: 2003 per le balance scorecard. *La Qualità e la Società dell' Informazione*, 20-23.
- Bourne, M., Neely, A., Mills, J., & Platts, K. (2003). Implementing performance measurement systems: a literature review. *International Journal of Business Performance Management*, 1-21.
- Boysen, N., & Fliedner, M. (2010). Cross dock scheduling: Classification, literature review and research agenda. *Omega: The International Journal of Management Science*, 413-422.
- Boysen, N., & Stephan, K. (2011). Cross-docking. *Journal of Management Control*, 129-137.
- Buzzell, R. D., Gale, B. T., & Sultan, R. G. (1975). MARKET SHARE-A KEY TO PROFITABILITY . *Harvard Business Review*, 97-106.
- Cai, J., Liu, X., Xiao, Z., & Liu, J. (2009). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. *Decision Support Systems* , 512-521.
- Caplice, C., & Sheffi, Y. (1994). A Review and Evaluation of Logistics Metrics. *The International Journal of Logistics Management*, 11-28.
- Carvalho, H., & Machado-Cruz, V. (2011). Integrating lean, agile, resilience and green paradigms in supply chain management . In P. Li, *Supply Chain Management* (pp. 27-48). Intech Open.
- Chan, F. T. (2003). Performance Measurement in a Supply Chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 534-548.
- Chavan, M. (2009). The balanced scorecard: a new challenge. *Journal of Management Development*, 393-406.
- Chew, E. P., & Tang, L. C. (1999). Travel time analysis for general item location assignment in a rectangular warehouse. *European Journal of Operational Research*, 582-597.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management : Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.
- Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1994). Logistics Performance: Definition and Measurement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 17-28.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Prentice Hall - Financial Times.
- Commission, U. S. (2017). *ANNUAL REPORT PURSUANT TO SECTION 13 OR 15(d) OF THE SECURITIES EXCHANGE ACT OF 1934 For the fiscal year ended December 31, 2017: 3M COMPANY*. Washington, D.C. 20549.
- Cooper, M., Lambert, D., & Pagh, J. (1997). Supply chain management—more than a new name for logistics. *International Journal of Logistics Management*, 1-14.
- Craft.co . (26 de Novembro de 2019). *3M Company*. Obtido de Craft: <https://craft.co/3m-company>
- Cronin Jr., J. J., & Taylor, S. (1992). Measuring Service Quality - A Reexamination And Extension. *JOURNAL OF MARKETING*, 55-68.

- Cross, K., & Lynch, R. (1988). The “SMART” way to define and sustain success. *National Productivity Review*.
- Cunha, C. B., & Silva, M. R. (2007). A genetic algorithm for the problem of configuring a hub-and-spoke network for a LTL trucking company in Brazil. *European Journal of Operational Research*, 747-758.
- D'Souza, D. E., & Williams, F. P. (2000). Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions. *Journal of Operations Management*, 577–593.
- Danese, P. (2013). Supplier integration and company performance: A configurational view. *Omega*, 1029-1041.
- Davenport, T., Jarvenpaa, S., & Beers, M. (1996). Improving knowledge work processes. *Sloan Management Review*, 53-65.
- De Koster, M. B., & Balk, B. M. (2008). Benchmarking and Monitoring International Warehouse Operations in Europe. *Production and Operations Management*, 175-183.
- De Koster, M. B., & Warffemius, P. M. (2005). American, Asian and Third-party International Warehouse Operations in Europe – A Performance Comparison. *International Journal of Operations & Production Management*, 762-780.
- Deshpande, A. (2012). Supply Chain Management Dimensions, Supply Chain Performance and Organizational Performance: An Integrated Framework. *International Journal of Business and Management*, 2-19.
- Duclos, L. K., Vokurka, R. J., & Lummus, R. R. (2003). A conceptual model of supply chain flexibility. *Industrial Management & Data Systems*, 446-456.
- Elrod, C., Murray, S., & Bande, S. (2013). A Review of Performance Metrics for Supply Chain. *Engineering Management Journal*, 39-50.
- Epstein, M. J., & Wisner, P. S. (2001). Good Neighbors: Implementing Social and Environmental Strategies. *Harvard Business School Publishing: Balanced Scorecard Report*, 3-6.
- Fanti, M. P., Stecco, G., & Ukovich, W. (2014). Scheduling Internal Operations in Post-Distribution Cross Docking Systems. *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING*, 296-311.
- Farahani, R., Rezapour, S., & Kardar, L. (2011). *Logistics Operations and Management: Concepts and Models (Elsevier Insights)*. Elsevier.
- Figueroa, E., & Conceição, P. (2000). Rethinking the innovation process in large organizations: A case study of 3M. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 93-109.
- Franceschini, F., Galetto, M., & Maisano, D. (2007). *Management by Measurement: Designing Key indicators and Performance Measurement Systems*. Springer.

- Frazelle, E. (2002b). *World-class Warehousing and Material Handling*. New York: McGraw-Hill.
- Frazelle, E. H. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. McGraw-Hill.
- Fugate, B. S., & Stank, T. P. (2010). Logistics Performance: Efficiency, Effectiveness, and Differentiation. *Journal of Business Logistics*, 43-63.
- Fynes, B., Voss, C., & De Búrca, S. (2005). The impact of supply chain relationship quality on quality performance. *International Journal of Production Economics*, 339-354.
- Galbreth, M. R., Hill, J. A., & Handley, S. (2008). An investigation of the value of cross-docking for supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 225-239.
- Garcia, F. A., Marchetta, M. G., Camargo, M., Morel, L., & Forradellas, R. Q. (2012). A framework for measuring logistics performance in the wine industry. *International Journal of Production Economics*, 284-298.
- Garud, R., Gehman, J., & Kumaraswamy, A. (2011). Complexity Arrangements for Sustained Innovation: Lessons from 3M. *SAGE journals*.
- Gato, J. (4 de Junho de 2013). *Intelligent Cargo in Efficient and Sustainable Global Logistics Operations*. Obtido de <https://pt.slideshare.net/icargo/i-cargo-generalpresentation>: <https://pt.slideshare.net/icargo/i-cargo-generalpresentation>
- Gaur, V., Fisher, M. L., & Raman, A. (2005). An Econometric Analysis of Inventory Turnover Performance in Retail Services. *Management Science*, 1-34.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review. *European Journal of Operational Research*, 1-21.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 539-549.
- Gue, K. R. (1999). The Effects of Trailer Scheduling on the Layout of Freight Terminals. *Transportation Science*, 419-428.
- Gue, K. R., & Kang, K. (2001). Staging queues in material handling and transportation systems. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference* (pp. 1104-1108). Arlington, VA, USA,: Dudley Knox Library.
- Guiffrida, A. L., & Nagi, R. (2006). Cost characterizations of supply chain delivery performance. *International Journal of Production Economics*, 22-36.
- Gunasekaran, A., & Kobu, B. (2007). Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995–2004) for research and applications. *International Journal of Production Research*, 2819–2840.

- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 333-347.
- Hamdan, A., & Rogers, K. (. (2008). Evaluating the efficiency of 3PL logistics operations. *International Journal of Production Economics*, 235-244.
- Hausman, W. H. (2004). Supply Chain Performance Metrics. In T. P. Harrison, H. L. Lee, & J. J. Neale, *The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge*. Kluwer Academic Publishers.
- Hervani, A. A., Helms, M. M., & Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, 330-353.
- Holmberg, S. (2000). A system perspective on supply chain measurements. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 847-868.
- Horta, M., Coelho, F., & Relvas, S. (2016). Layout design modelling for a real world just-in-time warehouse. *Computers & Industrial Engineering*, 1-9.
- Johnson, A., & McGinnis, L. (2011). Performance Measurement in the Warehousing Industry. *IIE Transactions*, 220-230.
- Johnson, A., Chen, W.-C., & McGinnis, L. F. (2010). Large-scale Internet benchmarking: Technology and application in warehousing operations. *Computers in Industry*, 280-286.
- Johnson, G., Scholes, K., & Whittington, R. (2008). *EXPLORING CORPORATE STRATEGY*. Pearson Education.
- Johnston, R. E., & Douglas, B. J. (2013). Advanced Strategy Innovation. In R. E. Johnston, & B. J. Douglas, *The Power of Strategy Innovation: A New Way of Linking Creativity and Strategic Planning to Discover Great Business Opportunities* (pp. 227-269).
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and Improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 55-78.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard - Measures That Drive Performance. *HARVARD BUSINESS REVIEW*, 71-79.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. *Harvard Business Review*, 2-13.
- Kiefer, A., & Novack, R. (1999). An Empirical Analysis of Warehouse Measurement Systems in the Context of Supply Chain Implementation. *Transportation Journal*, 18-27.
- Kocaoğlu, B., Gülsün, B., & Tanyaş, M. (2013). A SCOR based approach for measuring a benchmarkable supply chain performance. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 113-132.

- Koster, R. d., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 481-501.
- Krauth, E., Moonen, H., Popova, V., & Schut, M. (2005a). PERFORMANCE MEASUREMENT AND CONTROL IN LOGISTICS SERVICE PROVIDING. *ICEIS*.
- Krauth, E., Moonen, H., Popova, V., & Schut, M. (2005b). PERFORMANCE INDICATORS IN LOGISTICS SERVICE PROVISION AND WAREHOUSE MANAGEMENT – A LITERATURE REVIEW AND FRAMEWORK. *Euroma International Conference*, (pp. 1-10). Budapest, Hungary.
- Kreng, V. B., & Chen, F.-T. (2008). The benefits of a cross-docking delivery strategy: a supply chain collaboration approach. *Taylor & Francis*, 229-241.
- Kumar, R. S., & Pugazhendhi, S. (2012). Information Sharing in Supply Chains: An Overview. *Procedia Engineering*, 2147-2154.
- Kurien, G. P., & Qureshi, M. N. (2011). Study of performance measurement practices in supply chain management. *International Journal of Business, Management and Social Sciences*, 19-34.
- Kusrini, E., Novendri, F., & Helia, V. N. (2018). Determining key performance indicators for warehouse performance measurement – a case study in construction materials warehouse. *The 2nd International Conference on Engineering and Technology for Sustainable Development* (pp. 1-4). Yogyakarta, Indonesia: MATEC Web of Conferences.
- Ladier, A.-L., & Alpan, G. (2016). Cross-docking operations: Current research versus industry practice. *Omega*, 145-162.
- Lai, K.-h., Ngai, E., & Cheng, T. (2002). Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 439-456.
- Lao, S. I., Choy, K. L., Ho, G. T., Tsim, Y. C., & Lee, C. K. (2011). Real-time Inbound Decision Support System for Enhancing the Performance of a Food Warehouse. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 1014-1031.
- Larbi, R., Alpan, G., Baptiste, P., & Penz, B. (2007). SCHEDULING OF TRANSHIPMENT OPERATIONS IN A SINGLE STRIP AND STACK DOORS. *19th International Conference on Production Research*, (pp. 1-6). Valparaiso.
- Lee, C., Lee, K., & Pennings, J. M. (2001). INTERNAL CAPABILITIES, EXTERNAL NETWORKS AND PERFORMANCE: A STUDY ON TECHNOLOGY BASED VENTURES. *Strategic Management Journal*, 615-640.
- Lee, H. (2000). Creating value through supply chain integration. *Supply Chain Management Review*, 30-36.
- Li Y, L. A., & Rodrigues, B. (2004). Crossdocking—JIT scheduling with time windows. *Journal of the Operational Research Society*, 1342-1351.

- Lockamy III, A., & McCormack, K. (2004). Linking SCOR planning practices to supply chain performance: An exploratory study. *International Journal of Operations & Production Management*, 1192-1218.
- Lohman, C., Fortuin, L., & Wouters, M. (2004). Designing a performance measurement system: A case study. *European Journal of Operational Research*, 267-286.
- Lu, C.-S., & Yang, C.-C. (2010). "Logistics Service Capabilities and Firm Performance of International Distribution Center Operators. *The Service Industries Journal*, 281–298.
- Lynch, R., & Cross, K. (1991). *Measure Up - The Essential Guide to Measuring Business Performance*. Londres: Mandarin.
- Lynch, R., & Cross, K. (1995). *Measure Up! How to Measure Corporate Performance*. Blackwell Business.
- Mangan, J., & Lalwani, C. L. (2016). *Global Logistics and Supply Chain Management*. Wiley.
- Mapes, J., New, C., & Szejczewski, M. (1997). Performance trade-offs in manufacturing plants. *International Journal of Operations & Production Management*, 1020-1033.
- Martin, P. R., & Patterson, J. W. (2007). On measuring company performance within a supply chain. *International Journal of Production Research*, 2449-2460.
- Martins, V. F., & Borges, C. L. (2011). Active Distribution Network Integrated Planning Incorporating Distributed Generation and Load Response Uncertainties. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*, 2164-2172.
- Matopoulos, A., & Bourlakis, M. (2011). Sustainability practices and indicators in food retail logistics: Findings. *Journal on Chain and Network Science*, 207-218.
- McWilliams, D. L., Stanfield, P. M., & Geiger, C. D. (2005). The parcel hub scheduling problem: A simulation-based solution approach. *Computers & Industrial Engineering*, 393-412.
- Mentzer, J. T., & Konrad, B. P. (1991). An Efficiency/Effectiveness Approach to Logistics Performance Analysis. *Journal of Business Logistics*, 33-61.
- Meuser, M., & Nagel, U. (2002). Using the expertise. In M. Meuser, & U. Nagel, *Expert Interviews - Tried and tested, little thought* (pp. 257-272). Springer.
- Min, H., & Kim, I. (2012). Green supply chain research: past, present, and future. *Logistics Research*, 39-47.
- MixMove. (2019). Obtido de mixmove.io/about-us
- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L., & Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* , 14-41.
- Muppani, V. R., & Adil, G. K. (2008). A branch and bound algorithm for class based storage location assignment. *European Journal of Operational Research*, 492-507.

- Nam, H.-S., & Song, D.-W. (2011). Defining maritime logistics hub and its implication for container port. *Maritime Policy & Management*, 269-292.
- Napolitano, M. (2000). Making the move to Cross Docking. Illinois, US: Warehousing Education and Research Council.
- Neely, A., Gregory, M., & Ken, P. (1995). Performance measurement system design. *International Journal of Operations & Production Management*, 80-116.
- Neely, A., Richards, H., Mills, J., Platts, K., & Bourne, M. (1997). Designing Performance Measures: A Structured Approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 1131-1152.
- Puigjaner, L., & Laínez, J. M. (2008). Capturing dynamics in integrated supply chain management. *Computers & Chemical Engineering*, 2582-2605.
- Pun, K. F., & White, A. S. (2005). A performance measurement paradigm for integrating strategy formulation: A review of systems and frameworks. *International Journal of Management Reviews*, 49-71.
- Ramaa, A., Subramanya, K., & Rangaswamy, T. (2012). Impact of Warehouse Management System. *International Journal of Computer Applications*, 14-20.
- Ramakrishnan Ramanathan, U. R. (2014). *Adoption of RFID technologies in UK logistics: Moderating roles of size, barcode experience and government support*. Elsevier.
- Randal, T., & Ulrich, K. (2001). Product Variety, Supply Chain Structure, and Firm Performance: Analysis of the U.S. Bicycle Industry. *Management Science*, 1588-1604.
- Rao, C. M., Rao, K. P., & Muniswamy, V. (2011). DELIVERY PERFORMANCE MEASUREMENT IN AN INTEGRATED SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: CASE STUDY IN BATTERIES MANUFACTURING FIRM. *Serbian Journal of Management*, 205-220.
- Reichheld, F. F. (2003). The One Number You Need to Grow. *Harvard Business Review*, 1-11.
- Robinson, C. J., & Malhotra, M. K. (2005). Defining the concept of supply chain quality management and its relevance to academic and industrial practice. *International Journal of Production Economic*, 315-337.
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, 343-362.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). Channels of distribution. In A. Rushton, P. Croucher, & P. Baker, *The Handbook of Logistics and Distribution* (pp. 50-61). Kogan Page.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *Handbook of the Distribution Management*. Kogan Page.

- Sánchez, A. M., & Pérez, M. P. (2005). Supply chain flexibility and firm performance: A conceptual model and empirical study in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 681-700.
- Sandal, S. (2005). *STAGING APPROACHES TO REDUCE OVERALL COST IN A CROSSDOCK ENVIRONMENT*. Thesis, University of Missouri – Columbia, Missouri – Columbia.
- Schaffer, B. (2000). Implementing a successful cross-docking operation. *Plant Engineering*.
- Selim, H., & Ozkarahan, I. (2008). A supply chain distribution network design model: An interactive fuzzy goal programming-based solution approach. *The international Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 401-418.
- Sezen, B. (2008). Relative effects of design, integration and abstract information sharing on supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 233-240.
- Shaw, S., Grant, D. B., & Mangan, J. (2010). Developing environmental supply chain performance measures. *Benchmarking: An International Journal*, 320-339.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management*. Prentice Hall - Financial Times.
- Somani, A., & Tesfatsion, L. (2008). An agent-based test bed study of wholesale power market performance measures. *IEEE Computation Intelligence*, 57-72.
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, 575-588.
- Staudt, F. H., Alpan, G., Di Mascolo, M., & Rodriguez, C. M. (2015). Warehouse performance measurement: A literature review. *International Journal of Production Research*, 5524-5544.
- Stewart, G. (1995). Supply chain performance benchmarking study reveals keys to supply chain excellence. *Logistics Information Management*, 38-44.
- Stewart, G. (1997). Supply-chain operations reference model (SCOR): the first cross-industry framework for integrated supply-chain management. *Logistics Information Management*.
- Striteska, M., & Spickova, M. (2012). Review and Comparison of Performance Measurement Systems. *Journal of Organizational Management Studies*, 1-13.
- Subramaniam, V., Lee, G. K., Ramesh, T., Hong, G. S., & Wong, Y. S. (2000). Machine Selection Rules in a Dynamic Job Shop. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 902-908.
- Swafford, P. M., Ghosh, S., & Murthy, N. (2006). The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing. *Journal of Operations Management*, 170-188.
- Tan, K., Lyman, S., & Wisner, J. (2002). Supply chain management: a strategic perspective. *International Journal of Operations and Production Management*, 614–631.

- Tan, K.-S., Ahmed, M. D., & Sundaram, D. (2010). Sustainable enterprise modelling and simulation in a warehousing context. *Business Process Management Journal*, 871-886.
- Tracey, M., & Tan, C. (2001). Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 174-188.
- Vachon, S., & Klassen, R. D. (2002). An Exploratory Investigation of the Effects of Supply Chain Complexity on Delivery Performance. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, 218-230.
- Vahdani, B., & Zandieh, M. (2010). Scheduling trucks in cross-docking systems: Robust meta-heuristics. *Computers & Industrial Engineering*, 12-24.
- Van Belle, J., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2012). Cross-docking: State of the art Jan. *Omega : The International Journal of Management Science*, 827-846.
- Van Der Vorst, J. G. (2005). PERFORMANCE MEASUREMENT IN AGRI-FOOD SUPPLY-CHAIN NETWORKS. *Quantifying the agri-food supply chain*, 13-24.
- Verizon Media. (2019, Novembro 26). *3M Company*. Retrieved from Yahoo! Finance: <https://finance.yahoo.com/quote/MMM?p=MMM>
- Vickery, S., Dröge, C., & Markland, R. (1997). Dimensions of manufacturing strength in the furniture industry. *Journal of Operations Management*, 317-300.
- Vis, I. F., & Roodbergen, K. J. (2008). Positioning of goods in a cross-docking environment. *Computers and Industrial Engineering*, 677-689.
- Vitasek, K. (2013, August). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Retrieved from Council of Supply Chain Management Professionals: https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- von Hippel, E., Thomke, S., & Sonnack, M. (1999). Creating breakthroughs at 3M. *Harvard Business Review*, 3-9.
- Vrbová, P., Cempírek, V., Stopková, M., & Bartuška, L. (2018). Various Electronic Data Interchange (EDI) Usage Options and Possible Substitution. *Nase More*, 187-191.
- Wagner, S. M., Grosse-Ruyken, P. T., & Erhun, F. (2012). The link between supply chain fit and financial performance of the firm. *Journal of Operations Management*, 340-353.
- Waller, M. A., Cassady, C. R., & Ozment, J. (2006). Impact of cross-docking on inventory in a decentralized retail supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 359-382.
- Wang, H., Chen, S., & Xie, Y. (2010). An RFID-based Digital Warehouse Management System in the Tobacco Industry: A Case Study. *International Journal of Production Research*, 2513–2548.

- Wasner, M., & Zäpfel, G. (2004). An integrated multi-depot hub-location vehicle routing model for network planning of parcel service. *International Journal of Production Economics*, 403-419.
- Wen, M., Larsen, J., Clausen, J., Cordeau, J., & Laporte, G. (2009). Vehicle routing with cross-docking. *Journal of the Operational Research Society*, 1708-1718.
- Wiele, T. v., Boselie, P., & Hesselink, M. (2002). Empirical evidence for the relationship between customer satisfaction and business performance. *Managing Service Quality*, 184-193.
- Williams, P., & Naumann, E. (2011). Customer satisfaction and business performance: a firm-level analysis. *Journal of Services Marketing*, 20-32.
- Witt, C. E. (1998). Crossdocking: Concepts demand choice. *Material Handling Engineering*.
- Woehrle, T. (26 de julho de 2017). *Synergies for Austria and Eastern Europe*. Obtido de Logistik express: <https://www.logistik-express.com/synergien-fuer-oesterreich-und-osteuropa/>
- Wu, H.-Y., Tzeng, G.-H., & Chen, Y.-H. (2009). A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications*, 10135-10147.
- Wu, Y., & Ming, D. (2007). Combining Multi-class Queueing Networks and Inventory Models for Performance Analysis of Multi- product Manufacturing Logistics Chains. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 564-575.
- Xu, K., & Evers, P. T. (2003). Managing single echelon inventories through demand aggregation and the feasibility of a correlation matrix. *Computers & Operations Research*, 297-308.
- Yan, H., & Tang, S.-I. (2009). Pre-distribution and post-distribution cross-docking operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 843-859.
- Yang, K. K., Balakrishnan, J., & Cheng, C. H. (2010). AN ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING CROSS DOCKING OPERATIONS. *JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS*, 121-148.
- Young Hae, L., & Kim, S. H. (2002). Production–distribution planning in supply chain considering capacity constraints. In *Computers & Industrial Engineering* (pp. 169-190). ELSEVIER.
- Yu, W., & Egbelub, P. J. (2008). Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage. *European Journal of Operational Research*, 377-396.
- Zhou, H., & Benton Jr., W. (2007). Supply chain practice and information sharing. *Journal of Operations Management* , 1348-1365.

Anexos

Anexo A - Tabela de Caracterização de Indicadores – Adaptada de: Frazelle E. , 2002b

Atividades	Perspectivas				
	Financeira	Produtividade	Utilização	Qualidade	Tempo de Ciclo da Encomenda
Receção					
Deslocamento de Encomendas					
Armazenamento					
Recolha					
Expedição					

Anexo B - Tabelas Caracterização de Indicadores – Adaptada de: Staudt et al., (2015)

Perspectivas	Atividades - Indicadores Específicos					
	Recepção	Armazenamento	Inventário	Recolha	Expedição	Entrega
Tempo						
Qualidade						
Custo						
Produtividade						
Perspectivas	Processos - Indicadores Transversais					
	Processos de Entrada			Processos de Saída		
Tempo						
Qualidade						
Custo						
Produtividade						

Perspectivas	Indicadores relacionados com Recursos	
	Mão-de-Obra	Equipamentos
Tempo		
Qualidade		
Custo		
Produtividade		

Anexo C – Documento de apoio à recolha de indicadores

Nome do Indicador	Custos de Manuseamento	Número de Reclamações	Satisfação do Consumidor	Productividade de Mão-de-Obra	Precisão da Remessa	Tempo de Aprvisionamento do Hub
Propósito de Medição						
Âmbito (Objetivos de negócio que são cobertos pelo indicador)						
Meta (Nível de desempenho a ser alcançado)						
Fórmula						
Unidade de Medida						
Frequência do registo de resultados						
Fonte da informação						
Responsável (Indivíduo que recolhe e regista informações)						
Futuras ações (Para lidar com os problemas associados ao indicador)						