



**LUÍS RAFAEL
BASTOS MARQUES**

**REDUÇÃO DO INVENTÁRIO NO BORDO DE LINHA –
SISTEMA PUXADO PARA VERNIZES NUMA
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS**



**LUÍS RAFAEL
BASTOS MARQUES**

**REDUÇÃO DO INVENTÁRIO NO BORDO DE LINHA –
SISTEMA PUXADO PARA VERNIZES NUMA
INDÚSTRIA DE EMBALAGENS**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Aos meus pais,

o júri

presidente

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa
Professor auxiliar da Universidade do Minho

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
Professor associado com agregação da Universidade de Aveiro

agradecimentos

À Colep, que durante este período contribuiu para o meu crescimento e permitiu que a aprendizagem contínua fosse um processo diário.

À equipa de melhoria contínua que, para além de colegas de trabalho, tornaram-se amigos para a vida e levo-os comigo para todo o lado.

Aos meus amigos e à minha namorada por me acompanharem sempre nesta longa caminhada e por me proporcionarem os melhores momentos ao longo desta etapa.

Ao Prof. Carlos Ferreira pela disponibilidade ao longo do período do estágio e pela capacidade de orientação que demonstrou. Certamente foi uma grande ajuda na realização deste documento.

À Eng. Raquel Miranda, que para além de sempre me orientar pelo melhor caminho, sendo um elemento desbloqueador de certos problemas durante o período de estágio, também acreditou sempre no projeto e nas minhas capacidades para acrescentar valor à Colep. Obrigado Raquel pelas palavras certas nos momentos certos.

Por fim, à minha família por me apoiar diariamente nos desafios e nas preocupações que foram aparecendo ao longo desta longa caminhada e nunca desistirem de mim. Em especial, ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã por serem resilientes comigo e acreditarem tanto em mim como eu. Dedico-lhes este documento como prova de agradecimento por tudo o que fizeram por mim.

Um grande obrigado a todos os que me ajudaram de algum modo a ser quem sou hoje.

palavras-chave

Sistema abastecimento puxado; Sistema Dupla Caixa; *Kanban*; *Total Flow Management*; Gestão Visual

resumo

O excesso de inventário no bordo das linhas é um desperdício e uma dificuldade que as empresas combatem diariamente para rentabilizar o espaço produtivo, diminuir os seus *stocks*, minimizando custos para se tornarem mais competitivas.

O presente relatório de projeto descreve, inicialmente, o problema encontrado numa indústria de embalagens e a análise realizada na identificação de oportunidades para reduzir materiais do bordo de linha e no desenho de um sistema de abastecimento compatível com o comportamento dos materiais em questão (vernizes). Posteriormente e para atingir os objetivos propostos na resolução daquele problema, foi desenvolvido um sistema puxado de abastecimento de vernizes integrando conceitos de *Total Flow Management*, *Kanban* e Gestão Visual que envolveu um *mizusumashi*. Obtiveram-se reduções superiores a 80% da quantidade em linha e no custo de inventário dos vernizes analisados, para além de melhorias na ergonomia dos operadores de linha e na segurança (redução da quantidade de produtos químicos agressivos). Adicionalmente, registou-se um aumento da fiabilidade da informação dos *stocks* da empresa nos sistemas informáticos de gestão da empresa.

keywords

Pull-Flow System; Two-Bin System; Kanban; Total Flow Management; Visual Management

abstract

The excess of inventory on the borders of the lines is considered a waste and a difficulty that the companies face every day to optimise the productive area, reduce their stocks, resulting in the minimization of costs to become more competitive. This present project report describes, initially, the problem found on a packaging company and the analyse used on the identification of opportunities to reduce stocks on the border of line and in the design of a replenishment system compatible with the behaviour of each material (varnishes).

Afterwards and to reach the proposed objectives to solve that problem, it has been developed a pull-flow replenishment system of varnished integrating concepts of Total Flow Management, Kanban and Visual Management through a mizusumashi. The results consisted on the reduction of 80% of the quantity on the border of line and in the cost of stock of the varnishes analysed, besides the improvements on the ergonomoy of the works and on the safety (reduction of the quantity of aggressive chemical products). Additionally, it was found and improvement of the data reliability on the information systems

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2 Contextualização da Empresa.....	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Estrutura da dissertação	4
2. Estado da Arte (Revisão da Literatura)	5
2.1 Desenho do Sistema Logístico	5
2.2 Gestão de Inventários	9
2.2.1. Decisões de Inventário – Custos Associados.....	11
2.2.2. Processos de Classificação de Inventários (Matriz ABC e XYZ).....	13
2.3 Total Flow Management.....	14
2.4 Sistemas Puxados de Abastecimento	22
2.5 Problemas de Otimização de Rotas	24
3. Caso de Estudo	27
3.1 Mapa de processos.....	27
3.2 Estado Inicial - piloto	28
3.2.1 Caracterização das linhas piloto	29
3.2.2 Inventário em linha das linhas piloto.....	32
3.3 Estado Inicial – linhas que consomem vernizes	36
3.3.1 Processo de Montagem das Embalagens Metálicas.....	36
3.3.2 Caracterização do consumo dos vernizes	37
3.3.3 Inventário de vernizes em linha.....	39
3.3.4 Processo de pedido de abastecimento de vernizes.....	41
4. Aplicação da Metodologia.....	43
4.1 Sistema puxado dupla caixa	43
4.2 Sistema Kanban.....	47
4.3 Embalagens	48
4.4 Supermercado	50
4.5 Otimização da Rota do <i>Mizusumashi</i>	52
5. Resultados e Discussão.....	57
5.1 Simulação	57
5.2 Teste em ambiente real.....	61
5.3 Discussão.....	64
6. Conclusão e trabalho futuro.....	67
7. Referências	71
Anexos.....	73

Índice de Figuras

Figura 1 - Presença da Colep S.A. no mundo.....	2
Figura 2 - Valores da Colep S.A.....	3
Figura 3 – Diagrama esquemático de um sistema logístico (Robeson & House, 1985).....	6
Figura 4 – Componentes do Sistema Logístico (Robeson & House, 1985).	9
Figura 5 – Gráfico da quantidade económica de encomenda EOQ (Robeson & House, 1985).	10
Figura 6 – Três tipos de Ciclos Logísticos (Coimbra, 2013).....	17
Figura 7 – Estrutura TFM (Coimbra, 2013).....	19
Figura 8 – Tipos de Sistemas de Abastecimento de Dupla Caixa (George et al., 2005).	23
Figura 9 - Junção de dois caminhos pelo método de savings (Clarke & Wright, 1964).....	25
Figura 10 - Fluxo Produtivo, sistema FIFO.....	27
Figura 11 – Embalagens produzidas na Colep (aerossóis e General Line, respetivamente).....	28
Figura 12 - Diagrama de Pareto: Consumo por referência numa das linhas do piloto	30
Figura 13 – Transformação de desvio-padrão em diferentes períodos temporais (fonte: Formação Colep Supply Chain School 2017).....	32
Figura 14 – Custo de Inventário em € relativo a cada subcategoria.	35
Figura 15 – Shifts on Hand médio relativo a cada subcategoria.....	35
Figura 16 – Ilustração gráfica do comportamento das 9 subcategorias.	39
Figura 17 – Descrição do processo de abastecimento de vernizes	41
Figura 18 – Kanban para vernizes Xs e Ys com quantidade fixa	47
Figura 19 – Kanban para vernizes Zs com quantidade variável	48
Figura 20 – Código visual de identificação de vernizes e respetivos pictogramas de perigo	49
Figura 21 – Embalagem Vernizes Zs com kanban que identifica a linha e a quantidade necessária.....	50
Figura 22 – Embalagem Vernizes Xs e Ys com kanban de quantidade fixa incorporado na própria embalagem	50
Figura 23 -Suporte de extração de vernizes (Fonte: manutan.pt)	51
Figura 24 – Representação sem escala do layout da fábrica e assinalamento	53
Figura 25 – Distância intra ilhas.....	54
Figura 26 -Circuito 2D2/ Circuito 2D1 / Circuito 2E2/ Circuito 2E1 até linha 17.....	54
Figura 27 – Rota resultante da heurística aplicada que minimiza o custo de transporte e deslocação	55
Figura 28 – Intervalo de valores gerados aleatoriamente (Adaptado de: http://slideplayer.com.br/slide/8270944/).....	58
Figura 29 – Novas embalagens para substituir no bordo de linha e carro de apoio ao transporte	62
Figura 30 – Antes e depois da substituição de Vernizes I	62
Figura 31 – Antes e depois da substituição de Vernizes II.....	62
Figura 32 – Antes e depois da substituição de Vernizes III.....	63

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Consumo Anual dos Materiais As da linha A	31
Tabela 2 – Número de turnos semanais das linhas piloto.....	32
Tabela 3 – Materiais partilhados entre linhas	33
Tabela 4 – SoH dos vários materiais alocados às linhas e sua subcategorização	34
Tabela 5 – Vernizes consumidos por linha.....	37
Tabela 6 – Matriz ABC/XYZ dos vernizes em análise	38
Tabela 7 - Número de turnos semanais das linhas que consomem vernizes.....	40
Tabela 8 – Shifts on Hand dos vernizes em linha.....	40
Tabela 9 – Quantidade da Embalagem Teórica.....	44
Tabela 10 – Quantidade Real da Embalagem de cada verniz.....	45
Tabela 11 – Quantidade e Capacidade real das embalagens de verniz em cada linha.....	46
Tabela 12 - Turnos de posse da embalagem de cada verniz	51
Tabela 13 – Consumo MAX numa semana para uma linha e um verniz.....	57
Tabela 14 – Valores de X2 excepcionais.....	59
Tabela 15 – Valores de p de acordo com a heurística desenvolvida.....	59
Tabela 16 – Dados a introduzir no interface do simulador	60
Tabela 17 – Output simulador. Dígito 1, indica que foi recolhida embalagem vazia.....	60
Tabela 18 – Resultado após tratamento do output (percentagem de transporte de embalagens para cada ciclo de duas horas)	61
Tabela 19 – Comparação do estado inicial com a quantidade necessária utilizada durante a semana de testes, para o sistema puxado funcionar	63
Tabela 20 – Resultados dos testes em ambiente real	64

Anexos

Anexo I - Consumos agregados por material.	75
Anexo II - Categorização dos Vernizes Líquidos em ABC e XYZ	76
Anexo III - Tabela completa de dados da interface do simulador	77

1. Introdução

No âmbito da Unidade Curricular Dissertação do Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão da Universidade de Aveiro, foi apresentada uma proposta de projeto de dissertação em ambiente empresarial pela Colep S.A. que pretende estudar e otimizar o abastecimento às linhas de produção, com o objetivo de reduzir inventário no bordo de linha, simplificar os processos e facilitar o fluxo de materiais.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Ao longo das últimas décadas, os gestores têm vindo a aprender a aplicar um novo conjunto de regras. As empresas têm de ser flexíveis para responder rapidamente às mudanças competitivas e do mercado. Têm de analisar o que se passa à sua volta continuamente para atingir a melhor prática (Porter, 1996).

Segundo Porter (1996), a eficácia operacional e a estratégia são ambas essenciais para alcançar a excelência, que, afinal, é o principal objetivo de qualquer organização. A eficácia operacional significa realizar atividades similares que os rivais, mas melhor do que eles. Inclui eficácia, mas não se limita a ela. Refere-se a qualquer número de práticas que permitem as empresas utilizar melhor os seus *inputs*, como por exemplo, reduzindo o número de defeitos nos produtos ou desenvolvendo-os cada vez mais rápido. Em contraste, o posicionamento estratégico significa realizar atividades diferentes das dos rivais, ou realizar atividades similares de maneiras diferentes.

A gestão de cadeia de abastecimento (GCA) tem-se tornado numa maneira de melhorar a competitividade através da redução de incerteza e da melhoria do serviço ao cliente. GCA é reconhecido como um conceito contemporâneo que leva a alcançar tanto benefícios de natureza operacional como estratégica. Através da gestão da logística interna e externa, as organizações podem remover várias ineficiências, introduzir consistência, flexibilidade e qualidade de entrega (Al-Mudimigh, Zairi, & Ahmed, 2004).

Para o caso da logística interna, uma elevada variedade de componentes de diferentes fornecedores e localizações necessitam de ser fornecidas para serem processadas e transformadas. O planeamento desta logística interna depende do planeamento da linha de montagem e das compras (Knoll, Prügmeier, & Reinhart, 2016).

Com a necessidade de eliminar ineficiências no processo de logística interna, melhorar o fluxo de materiais e reduzir custos nas compras e em *stocks*, esta dissertação irá ter foco nos stocks do bordo de linha da unidade industrial de *Metal Packaging* da Colep em Vale de Cambra e na identificação de um novo processo de abastecimento dos materiais a essas linhas de produção.

1.2 Contextualização da Empresa

Fundada em 1965, a Colep começou a sua atividade com a produção de embalagens metálicas em folha-de-flandres para a o sector alimentar. O seu crescimento foi abraçando diferentes áreas de negócio e atua hoje como *contract manufacturer* nos sectores de produtos de higiene pessoal, cosmética, higiene do lar e parafarmácia, como fabricante de embalagens metálicas em folha-de-flandres (aerossóis, industriais e alimentares) e como produtor de embalagens plásticas.

Em 2001 a Colep foi adquirida pelo Grupo RAR, grupo português que integra um conjunto diversificado de negócios, distribuído pelas áreas Alimentar, Embalagem, Imobiliária e Serviços.

O contínuo crescimento foi acompanhado de aquisições estratégicas e construção de novos equipamentos que garantem uma presença sólida no Norte e no Centro da Europa, com fábricas em Espanha, Alemanha e Polónia; na América do Sul e América Central, com fábricas no México e no Brasil; e uma no Dubai. A Colep estabeleceu um Acordo de Manufatura e Tecnologia com a *One Asia Network* para cobrir a totalidade das operações das duas organizações na Ásia, Austrália, Brasil e Europa.



Figura 1 - Presença da Colep S.A. no mundo

1. Introdução

Com este acordo, combinam as suas competências em *Know-how* e Inovação, R&D, Qualidade, Operações e Segurança, para propiciar mais e melhores soluções para os clientes locais e globais. No ano de 2014, a Colep atingiu um volume de negócios na ordem dos 512 milhões de euros, tendo verificado um crescimento de cerca de 3% relativamente ao ano anterior.

A empresa mantém uma posição dominante no mercado internacional bem como nas tecnologias ao longo de toda a cadeia de valor e os seus valores alavancam o seu potencial todos os dias, desde o foco no cliente e a ética, até à criação de valor e paixão pela excelência. Nunca esquecendo o processo de aprendizagem e criatividade.



Figura 2 - Valores da Colep S.A.

1.3 Objetivos

Como descrito acima, o principal objetivo é criar um modo de abastecimento às linhas com a quantidade ideal de modo a reduzir o inventário em linha e as suas necessidades ao longo da sua atividade, sem que aquelas parem devido à falta de material.

Os objetivos deste projeto são:

- Identificar componentes com maior consumo para cada linha;
- Reduzir inventários dos componentes mais significativos do bordo de linha;
- Desenhar um sistema de abastecimento às linhas com base nas necessidades de cada uma;
- Melhorar o fluxo de materiais na fábrica com impactos na segurança e na ergonomia.

1.4 Metodologia

A primeira etapa do projeto é a recolha de dados. Foram analisados os consumos para 8 linhas de produção e para cada uma foram identificados os materiais por categoria de consumo e por categoria de variabilidade. Após esta análise, foi definido o modo de abastecimento para cada componente considerado, respondendo a cada linha. Comparando as necessidades que cada

linha tem com o que existe no bordo de linha, poderemos tirar um primeiro esboço do estado atual e entender se estamos muito longe do ideal. Foram implementados sistemas *Kanbans* para criar um fluxo puxado com recurso a um *mizusumashi*. Após a análise para todas as linhas, foi também estudada uma rota para implementar um comboio logístico, ou *mizusumashi* de acordo com a heurística de poupanças de Clarke & Wright.

1.5 Estrutura da dissertação

A estrutura do relatório reflete a metodologia da abordagem do problema.

O Capítulo 2 dá foco ao estado da arte em todas as áreas de conhecimento relevantes para o Projeto, passando pelo sistema logístico, sistemas de fluxo puxado até aos problemas de rotas de veículos.

O Capítulo 3 descreve o meio e o problema em estudo. É dada uma descrição detalhada de todo o processo com especial ênfase nas áreas que afetam este trabalho. Caracteriza-se o estado atual e identificam-se os problemas que servirão como base para serem analisados e resolvidos.

O Capítulo 4 e 5 apresentam, o caminho percorrido para a solução proposta, passando por todas as fases com base na bibliografia de vários autores, por uma simulação e por uma fase de testes em ambiente real, para reforçar o seu impacto na implementação da proposta e por uma quantificação da poupança.

Por último, o Capítulo 6 apresenta as conclusões do projeto e sugere novas abordagens a serem seguidas pela Colep S.A.

2. Estado da Arte (Revisão da Literatura)

2.1 Desenho do Sistema Logístico

O sistema económico tem sido tradicionalmente descrito como três tipos de recursos: trabalho, capital e terra. É útil olhar para a logística segundo a perspetiva do sistema económico, uma vez que a logística lida com a gestão destes três recursos:

Trabalho – refletido na necessidade do recurso humano para planear, operar e controlar o sistema logístico.

Capital – refletido no dinheiro, nas instalações, no equipamento e nos materiais envolvidos no processo logístico.

Terra – refletido no espaço físico onde as atividades logísticas acontecem (transporte, produção, armazenamento, etc.).

A alocação e administração ótima destes recursos económicos é o principal foco da logística (Robeson & House, 1985), bem como obter e fazer mover bens e equipamentos num período de tempo aceitável para os lugares onde são necessários, a um custo razoável. O facto de os equipamentos e bens normalmente não conseguirem ir diretamente da sua fonte para o cliente final, leva à necessidade de frequentemente serem mantidos em inventário num ou mais pontos intermédios ao longo do caminho (Owerns & Warner, 2003).

Estrutura do Sistema Logístico

Segundo o ponto de vista logístico, uma organização pode ser conceptualmente descrita como uma entidade que procura bens e serviços no mercado, converte-os através de produção e processos logísticos e distribui-os no mercado. O sistema logístico de uma empresa pode ser visto como a ponte entre o mercado da oferta e o mercado da procura. Analisando esta ponte, é possível observar que um sistema logístico pode ser descrito como uma rede de nodos que representam inventário estacionário com variáveis níveis como espaço produtivo ou armazéns, e as ligações que representam operações de transporte ou fluxo de inventários, provocadas pela procura do mercado.

A seguinte imagem representa o comportamento de um sistema logístico.

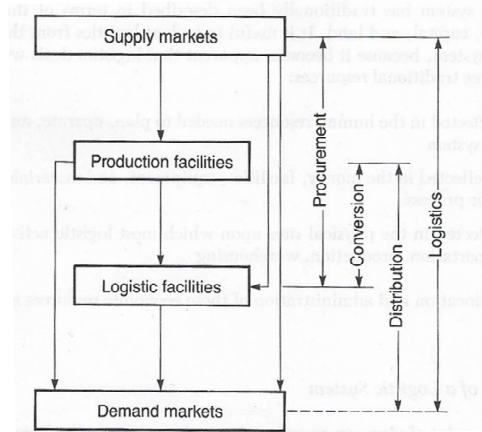


Figura 3 – Diagrama esquemático de um sistema logístico (Robeson & House, 1985).

Sempre que o nível de inventário da oferta necessitar de reabastecimento, será provocado um sinal para encomendar novamente: compras ou reabastecimento. Estes sinais são recebidos num ou mais inventários intervenientes no sistema: instalações logísticas ou fornecedores. O sinal gera uma necessidade de movimento de materiais para satisfazer a procura, enquanto os níveis de inventário reduzem até serem totalmente consumidos. Esta movimentação de materiais constitui um conjunto de inventários em interação. Os baixos níveis de inventário na produção e nas instalações logísticas geram um novo sinal de necessidade de abastecimento, e assim sucessivamente.

Os componentes físicos envolvidos no sistema logístico são os mercados, as instalações e os equipamentos.

Os *mercados* são os nodos terminais do sistema. Os *mercados da procura* recebem os bens, enquanto os *mercados da oferta* geram esses mesmos bens.

As *instalações* são os nodos intermédios do sistema que originam e recebem bens, dividindo-se em dois tipos: produção ou logística. Ambos possuem atributos importantes:

Capacidade – quantidade máxima de bens que uma instalação é capaz de receber ou expedir num determinado período de tempo.

Variação de inventário – diferença entre a quantidade que sai e a quantidade que entra de bens num determinado período de tempo.

Os *equipamentos* estabelecem a ligação entre o mercado e as instalações no sistema logístico.

Além destes componentes físicos, existem outros dois componentes que completam o sistema logístico:

A *organização* – que opera o sistema, e o *Sistema de Gestão* – representado pelas técnicas de gestão de informação, e pelo *hardware* e *software* para recolha, transmissão, armazenamento, processamento e exibição de informação necessária para suportar a organização e a configuração física.

Todos estes componentes se suportam entre si, e suportam o sistema logístico como um todo (Robeson & House, 1985).

Tendências a considerar

Fazendo a análise e design de um sistema logístico, é importante olhar para este sistema num contexto de tendências a longo prazo que tendem a modificar os requisitos do sistema. Esses fatores são:

Custos Unitário

O Custo Ótimo num sistema logístico está continuamente a alterar. É necessário tomar decisões para o alcançar.

Requisitos do Serviço

O aparecimento contínuo de técnicas de gestão de negócios sofisticadas, resultam numa melhoria na oferta e no serviço ao cliente. Como consequência, uma estrutura de um sistema logístico tem de ser atualizado periodicamente para fornecer um serviço melhor, no qual resulta um *trade-off* entre custos e serviço.

Dependência Transnacional

Os países industrializados progressivamente têm-se tornado mais dependentes da importação de matéria prima e energia. Ao mesmo tempo, a melhoria nos meios de comunicação e de transporte estão a restringir a diferenciação a nível geográfico. Como consequência desta simultânea convergência entre a procura e a oferta global, há a necessidade de olhar para o sistema logístico de forma global em vez de olhar de forma nacional ou continental de modo a obter a configuração do sistema mais rentável. Isto significa que a distinção entre sistemas logísticos domésticos e internacionais têm vindo a perder cada vez mais significado.

Controlo do Ambiente

O interesse demonstrado relativamente à proteção do ambiente, refletido no aumento do número de leis e regulamentos estabelecidos por todo o mundo, tem tido um impacto significativo na localização das atividades económicas e nos seus respetivos custos. Como consequência, tem-se tornado importante na avaliação dos potenciais locais de atividade para instalações de produção e logística, considerar a possibilidade de futura alteração de legislação ambiental, que, num curto prazo, altera os custos associados em qualquer instalação e em qualquer local.

Movimento das Populações

O importante movimento de migrações leva à alteração da dispersão geográfica do mercado e da mão de obra. Estes movimentos alteram significativamente mudanças nos custos de terra, custos de mão de obra e impostos que têm de ser considerados para obter o custo ótimo do sistema logístico.

Vida do Produto

A tendência nos mercados tem vindo a reduzir o tempo de vida dos produtos. Como consequência, as empresas estão a alterar o seu *mix* de produtos com o aumento da frequência para suportar um certo nível de vendas, resultando na necessidade de ajustar frequentemente o sistema logístico para que este funcione no seu nível ótimo.

Escassez de Recursos

O aumento da escassez de recursos naturais, como matérias primas e combustíveis, leva a que as organizações públicas e privadas façam deles um uso mais eficiente. Esta tendência poderá provocar mudanças significativas na forma como o negócio atua e é organizado, e no caso dos sistemas logísticos, na sua estrutura e características.

Por todas estas razões é necessário dar flexibilidade suficiente à estrutura dos sistemas logísticos para permitir a sua adaptação à mudança de requisitos. É também importante rever a sua estrutura periodicamente para assegurar que se encontra na máxima eficiência.

A estrutura de um sistema logístico pode ser esquematizada de acordo com Figura 4.

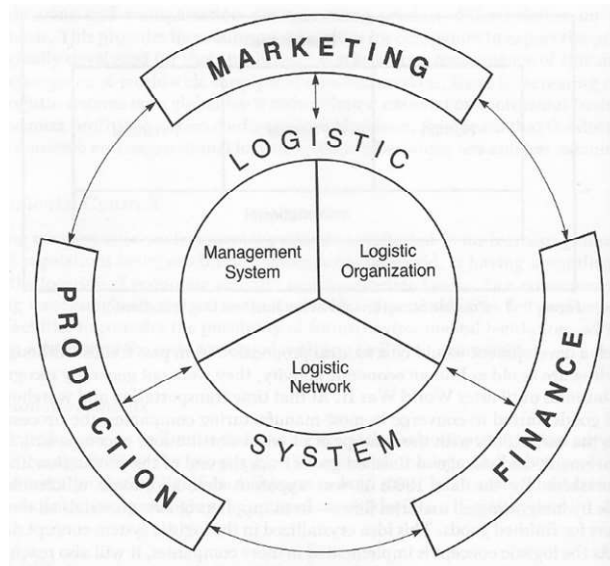


Figura 4 – Componentes do Sistema Logístico (Robeson & House, 1985).

O seu desenho deverá sempre especificar claramente:

- 1) a estrutura e as características de cada um dos três componentes;
- 2) o modo como cada componente se liga com os restantes, e;
- 3) a relação entre o sistema logístico e as outras funções: marketing, produção e finanças.

As necessidades da logística relativamente ao marketing, produção e finanças deve-se a vários fatores como o número de linhas de produção, número e localização dos pontos de inventário como armazéns e o nível de investimento em inventário.

Geralmente, o marketing, a produção e as finanças tendem a ouvir os requerimentos de cada departamento, mas é necessário haver um mecanismo para garantir um ótimo *trade-off* entre os seus conflitos de interesses

A logística reúne as melhores condições para desenhar todos os requerimentos, alocar-lhes um custo logístico e chegar a um melhor acordo que maximize o lucro total da companhia.

2.2 Gestão de Inventários

O inventário é armazenado para permitir a uma empresa garantir um bom nível de serviço aos seus clientes (ter os produtos certos nas quantidades certos e no sitio certo a qualquer altura e em boas condições).

Os custos de um serviço ao cliente aumentam na medida em que o nível de serviço é maior. Se todas as ordens de uma empresa forem completamente satisfeitas sem haver rutura de inventário, o nível de inventários nas empresas necessitaria de ser extremamente elevado. Por

outro lado, um nível muito baixo de inventários levaria a um excesso de ruturas de stock, incumprimento com o pedido do cliente e conseqüentemente a perda desse cliente.

Na maioria das empresas, os custos de posse estão entre os custos mais elevados do negócio (30-70% dos ativos correntes). Os custos de inventário podem representam também cerca de 30-40% dos custos logísticos. Muitas despesas encontram-se associadas aos custos de posse do inventário – renda, capital investido num armazém, calor, luz, seguros e taxas no inventário, deterioração e obsolescência por manter o período para além do período expectável. Todos estes aspetos devem ser tidos em conta. Relativamente aos custos de capital, quando um inventário é mantido em posse, o capital investido é empatado numa prateleira. Se há capital empatado numa máquina, essa máquina é expectável que retorne lucros aos seus proprietários. Assim é também com os inventários, que têm o objetivo de gerar riqueza.

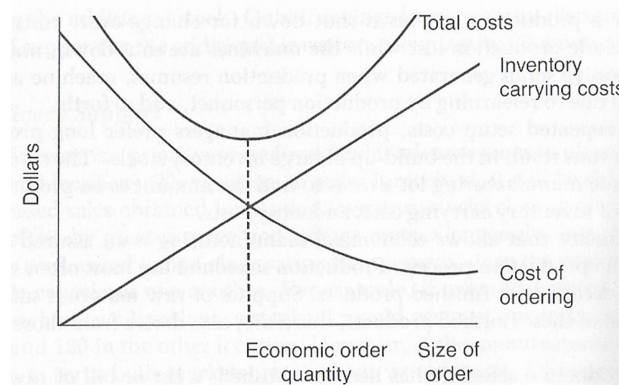


Figura 5 – Gráfico da quantidade económica de encomenda EOQ (Robeson & House, 1985).

Um dos aspetos mais importantes a ter em conta é o custo total de colocar uma encomenda que representa a soma dos custos de posse do inventário com os custos de fazer uma encomenda. A Quantidade a encomendar deveria ser a que resultasse num menor custo (*Economic Order Quantity*), Figura 5.

Encomendar de acordo com o EOQ, minimiza o inventário e os custos associados à ordem. Contudo, essa ordem pode não oferecer um nível de serviço adequado ao cliente. Os *stocks* de segurança, de acordo com Rădăşanu (2016), são inventários suportados para evitar *stock outs*. Determinar níveis de *stock* de segurança, não irão eliminar todos os *stock outs*, mas sim a maioria deles. A maioria das empresas escolhe manter um elevado nível *stock* de segurança como um *buffer* contra a variabilidade resultando em ineficiências e elevados requisitos de *working capital*.

Uma correta previsão da procura reduz a quantidade de *stocks* de segurança e inventário necessário. Mesmo as melhores previsões incluem erros, assim os *stocks* de segurança deveriam cobrir estes desvios.

2.2.1. Decisões de Inventário – Custos Associados

Os custos de posse de inventário são apenas uma categoria de custos integrada no sistema logístico. Incluídos na categoria de custos existem os custos de *setup* e os custos do lançamento de uma ordem.

1. Custos de Posse

Os custos de posse de inventário são todos aqueles que aumentam na medida em que os inventários crescem e diminuem se o nível de inventário reduzir. Dentro deste grupo estão identificados os seguintes custos:

- Custos de espaço – inventários parados necessitam de espaço de armazenamento quer seja em armazéns alugados, públicos ou privados. É o custo de ter uma paleta num determinado espaço;
- Custos de manutenção de inventário
 - Seguros – normalmente assinados pelo proprietário dos bens para os proteger de eventualidades como catástrofes (incêndios, explosões, inundações, etc.)
 - Impostos – jurisdição política (local, nacional ou global).
 - Inventário físico – custo afeto à contagem física de inventário. Quanto maior o inventário, maior o custo.
- Custos de risco
 - Custo de obsolescência – custo por cada unidade que seja destruída ou desvalorizada.
 - Danos – danos resultantes da produção não estão incluídos. Apenas os que se relacionam com o tamanho do inventário.
 - Furto – é difícil de quantificar. Quanto maior o inventário em posse, maior a oportunidade de furto.
- Custos de capital – Baseado na taxa de retorno que uma empresa espera pelo seu dinheiro investido e o risco associado.

2. Custos de Lançamento das Ordens

Quanto menor a frequência com que as ordens são colocadas, maior o nível de inventário necessário.

- Lançamento da Ordem.
- Receção dos bens – descarga do veículo no cais.
- Inspeção – controlo de qualidade dos materiais recebidos.
- *Stocking* – custo relacionado com a movimentação de materiais para as posições nos armazéns.
- Faturação.
- Pagamento ao Fornecedor.

3. Custos Mudança de Produção

Sempre que uma produção de um produto é muito grande e excede a quantidade de procura, os inventários de produto final aumentam. Por outro lado, uma produção de ordens pequenas necessita de mudanças e que as máquinas parem mais frequentemente.

- Perda da produção – *duração da mudança x cadência da linha x preço unitário do produto x margem de lucro.*
- Salários dos trabalhadores durante mudança – *nº operadores x duração da mudança x €/h*
- Redução da eficiência durante a parte inicial da produção – Percentagem de produção reduzida por afinações durante a primeira hora pelos operadores.
- Sucata.
- Custo de programação da produção.

4. Custos de Transporte

Os custos de transporte estão associados aos inventários de 3 modos:

1. A percentagem de carga varia com a quantidade encomendada;
2. Quando são usados modos de transporte mais lentos, estará em trânsito maior quantidade de inventário;
3. A soma dos custos de transportes de entrada de armazém e os custos de transporte de saída de armazém variam com o número de armazéns e o nível de inventário normalmente aumenta à medida que se aumentam armazéns ao sistema logístico.

5. Custos de Rutura

Se o serviço ao cliente for inadequado, várias encomendas vão ficar atrasadas ou serão enviadas incompletas e uma percentagem dos clientes vai ficar insatisfeito. Por esta razão, os custos de rutura têm de ser avaliados como decisão de inventário.

Há dois tipos de custos de rutura: os custos de atraso e os custos de perda da venda. Os custos de atraso de encomenda resultam quando o cliente está disposta a adiar parte de uma encomenda que não foi satisfeita a tempo. Os custos de perda de vendas ocorrem quando um cliente cancela uma encomenda, ou pior, muda de parceiro que lhe oferece um serviço melhor.

2.2.2. Processos de Classificação de Inventários (Matriz ABC e XYZ)

O inventário da maioria das empresas é composto por vários itens. A classificação de inventários é muito importante na logística das empresas. Dá suporte à gestão de inventários e pode determinar diferentes estratégias de planeamento dos materiais de diferentes categorias. Existem diferentes possibilidades de classificar os materiais dependendo do objetivo pretendido. As principais técnicas incluem a análise ABC (classificação de acordo com o retorno anual) e a análise XYZ (análise da variabilidade) Normalmente a matriz ABC é suportada pela matriz XYZ dando origem a interpretações mais robustas (Scholz-Reiter, Heger, Meinecke, & Bergmann, 2012).

Assim, a Matriz ABC ajuda a identificar os materiais com maior rotação (“A”), os de médio volume (“B”) e os *slow movers* (“C”) (Robeson & House, 1985), de acordo com o princípio de Pareto (Princípio 80/20) (Koch, 1997; Scholz-Reiter et al., 2012). O princípio 80/20 diz que a minoria das causas, recursos ou esforços corresponde normalmente à maior parte dos resultados ou recompensas. Afirma assim que, 80% das consequências se devem apenas a 20% das causas por exemplo (Scholz-Reiter et al., 2012). Esta análise categoriza os itens de acordo com o seu valor acumulado do consumo:

- Categoria A – 0-80% do valor acumulado do consumo;
- Categoria B – 80-95% do valor acumulado do consumo;
- Categoria C – 95-100% do valor acumulado do consumo.

A análise XYZ caracteriza os itens de acordo com o seu coeficiente de variância, que representa o rácio do desvio padrão do consumo do item ao longo de um período de tempo e o consumo médio:

- Categoria X (baixas flutuações, consumo constante) – coeficiente de variância <0.5;
- Categoria Y (elevadas flutuações, razões sazonais) – coeficiente de variância entre 0.5 e 1;
- Categoria Z (consumo completamente irregular) – coeficiente de variância >1 (Scholz-Reiter et al., 2012).

2.3 Total Flow Management

Princípios *Kaizen*

Lean-Kaizen é composto por duas palavras: *Lean* e *Kaizen*. *Lean* significa eliminação de atividades sem valor acrescentado (desperdício) e *Kaizen* significa melhoria contínua (Kumar, Dhingra, & Singh, 2018). Cada vez mais, é um conceito implementado pelas organizações a nível mundial. *Kaizen* não significa simplesmente melhorar continuamente, mas também melhorar todos os dias, em todo o lado e com toda a gente. Este conceito, de facto, pode simbolizar uma mudança de paradigma para as organizações, onde a mudança para melhor se torna um hábito diário de melhoria contínua. Foram exatamente estes conceitos que a *Toyota* desenvolveu ao longo dos últimos 60 anos como forma de gestão após a 2ª Guerra Mundial. Essa altura foi crítica para o Japão aumentar a sua competitividade, principalmente devido à grande capacidade de produção alemã e americana. O objetivo da *Toyota* foi tornar num sucesso, o renascimento da indústria automóvel japonesa (Coimbra, 2013). Apareceu assim, o *Toyota Production System* (baseado na criação de um fluxo de materiais e de informação), e mais tarde a produção *lean* (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Baseado no TPS, surgiu o TFM (*Total Flow Management*), um modelo detalhado que permite uma implementação do TPS não só nas áreas de produção, mas também em todas as áreas da cadeia de abastecimento. O TFM tem as suas influências do *kaizen* e é uma nova forma de organizar as operações, baseando-se na criação de fluxo puxado (*pull flow*). Para as empresas implementarem estas práticas, necessitam de desenvolver um forte comprometimento com os seguintes princípios do *kaizen*:

1. Qualidade à primeira, composto por 3 conceitos:

- a. Identificar as necessidades dos clientes a nível de qualidade, custo e entrega e antecipar as suas necessidades e vontades;
- b. “A próxima operação é o cliente”, transforma a organização num conjunto de fornecedores e clientes, em que há a preocupação de não entregar defeitos à operação seguinte (cliente);

2. Estado da Arte (Revisão da Literatura)

- c. Melhoria a montante, a ideia de que a raiz de um problema ou defeito se encontra normalmente numa fase inicial do processo.

2. **Orientação ao Gemba**

Orientação ao *Gemba*, significa ir ao local onde o trabalho ocorre (espaço para efetuar melhorias) e contribuir para a mudança de hábitos de trabalho das pessoas para melhor.

Este princípio assenta na crença de que “a realidade é diferente da ficção” e “se pretendes entender, aprende como fazer”.

3. **Eliminação de Desperdício (tudo o que não acrescenta valor para o cliente), inclui 7 tipos de desperdícios:**

- a. Defeitos;
- b. Tempos de espera;
- c. Movimentações;
- d. Excesso de Processamento;
- e. Inventários;
- f. Transportes;
- g. Excesso de produção;

Estes 7 desperdícios fazem parte de outro conceito mais amplo: os 3 M's: *muda* (desperdício), *mura* (variabilidade) e *muri* (perda de tempo ou desperdício de energia).

- 4. **Desenvolvimento das Pessoas**, foco no envolvimento das pessoas nas atividades de melhoria. Mais importante é trabalhar em equipa e desenvolver as pessoas e só depois desenvolver e adotar novos hábitos.

- 5. **Normas Visuais**, baseado no conceito “uma imagem vale por mil palavras”. Uma norma é a melhor maneira de fazer uma tarefa. Uma norma visual é uma maneira de tornar visual uma norma e que seja facilmente entendida por todos;

- 6. **Processos e Resultados**, entender bem os processos em detalhe, para determinar a melhor maneira para resolver os problemas e atingir os resultados;

7. **Pull-Flow**, significa organizar os fluxos logísticos internos e externos e os fluxos de produção, de acordo com as necessidades dos clientes. Para atingir um fluxo ótimo de material e informação, haverá a necessidade de focar na eliminação de inventário. O *Pull-Flow* é a essência do TPS (Coimbra, 2013).

Estrutura TFM

A abordagem *Kaizen* na logística e cadeia de abastecimento através do sistema TPS inclui toda a cadeia de uma dada empresa. Aplicando este modelo, as empresas vão criar um sistema de fluxo interno puxado e perceber como podem melhorar esse modelo quer a nível jusante quer a montante. O modelo TFM pode ser analisado na figura seguinte. Este diagrama mostra os vários tipos de fluxos na ótica de uma empresa.

A entrega de matéria prima e componentes pelos fornecedores comporta-se como um ciclo regular e de elevada frequência. A produção é puxada pelo cliente de acordo com as suas necessidades reais. Similarmente, os clientes enviam previsões que serão tidas em conta como propostas de capacidade para o planeamento (não originam produção).

O principal objetivo é a redução do *lead time* total na cadeia de abastecimento. A medida do *lead time* é a cobertura de inventário ao longo de toda a cadeia de abastecimento (normalmente medida em dias). Reduzir o *lead time* permite eliminar muitos tipos de desperdícios como tempos de espera, movimentação e transporte, o que significa a criação de um fluxo de materiais. São necessários sistemas, processos e normas rigorosas para criar e manter este fluxo de modo a assegurar:

- Redução de custos;
- Redução de *working capital*;
- Aumento da produtividade;
- Melhoria da qualidade;
- Aumento dos níveis de serviço ao cliente e satisfação do cliente.

Estes resultados podem ser alcançados se for criado um fluxo ao longo de toda a cadeia de abastecimento, começando pelas necessidades dos clientes, isto é, a produção pode ser originada por ordens do cliente ou por ordens de reabastecimento de inventário. É necessário criar um fluxo único. Ao mesmo tempo, este sistema pode alterar a cultura de uma empresa, criando nela o espírito de melhoria continua todos os dias, em todo o lado e com toda a gente (Coimbra, 2013).

Ciclos Logísticos

Os ciclos logísticos são a conceptualização de vários grupos de operações que estão presentes em todas as cadeias, ajudando a analisar o fluxo e a identificar como e onde o criar ou melhorar. Os armazéns são o ponto de interface entre dois ciclos logísticos. Existem três tipos de ciclos logísticos que podem ser identificados, como se pode analisar no seguinte diagrama, Figura 6:

- *Picking* de produto acabado;
- Produção de produto acabado;
- *Picking* de componentes.

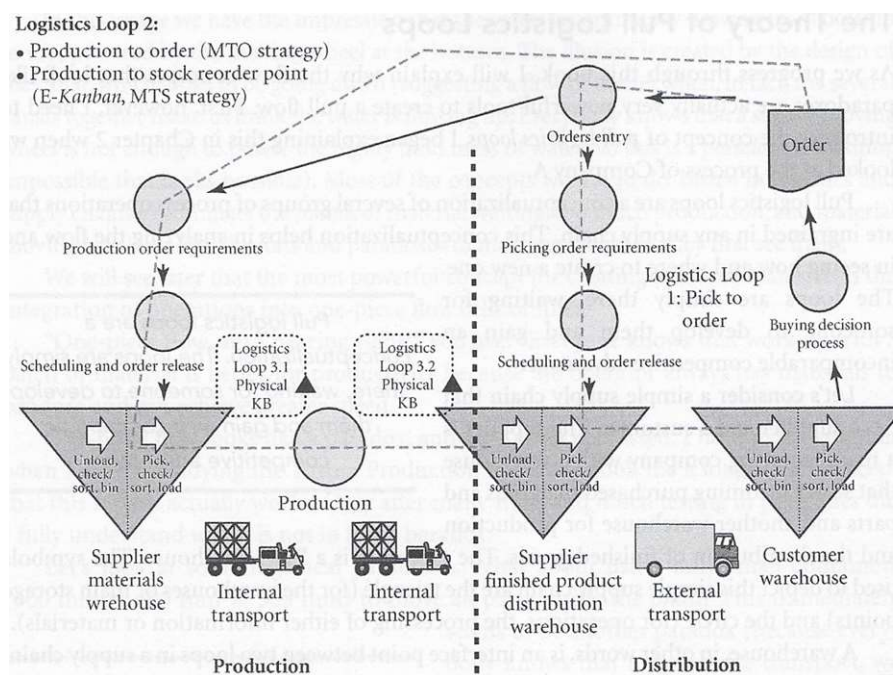


Figura 6 – Três tipos de Ciclos Logísticos (Coimbra, 2013)

Ciclo Logístico: *Picking* de Produto Acabado

Este ciclo começa quando há uma decisão do cliente relativamente à compra de um bem. Há uma ordem colocada pelo cliente. A ordem é posteriormente processada (requisitos da ordem, planeamento da ordem e lançamento da ordem para ser processada pelo armazém). O armazém efetua o *picking* do material da ordem, verifica o estado do produto, organiza-o e embala. Por fim, é carregado o transporte para entregar a ordem no cliente. O objetivo deste ciclo é eliminar todas as etapas em que o material e informação fiquem à espera. As maiores restrições neste ciclo são normalmente se o produto não estiver imediatamente disponível para *picking* e a frequência do transporte que implicam tempos de espera (*muda*).

Ciclo Logístico: Produção de produto acabado

O início deste ciclo (decisão de produzir um produto) pode ter duas origens: ou o produto já existe em *stock* e há uma necessidade de reabastecer os seus níveis de inventário (MTS – *Make to Stock*), ou o produto não existe e será produzido para a ordem do cliente (MTO – *Make to Order*). Um produto MTS pode ser produzido para a ordem, se a quantidade for muito grande. No caso dos MTS, o tamanho da encomenda deveria decidir se se produzia para a ordem ou para reabastecer inventário.

Após a decisão sobre a quantidade a produzir, há a necessidade de identificar alguns requisitos da encomenda (tamanho mínimo da paleta, agrupamentos, etc.). Seguidamente dá-se o lançamento do planeamento da ordem e o seu lançamento. Depois do processamento da ordem, começa a movimentação dos produtos até ao armazém de produto acabado. O transporte e a produção têm de estar alinhados durante todo o processo de produção até que o produto final esteja pronto a ser armazenado.

Há muitas oportunidades para criação de um fluxo. As mais significativas estão relacionadas com a quantidade por paleta das encomendas, todos os problemas da produção (defeitos, capacidade da máquina, etc.), a frequência do transporte interno ou a indisponibilidade de componentes.

Ciclo Logístico: Picking de componentes

Este ciclo refere-se a todos os materiais e componentes necessário para produzir o produto final. Há a necessidade de abastecer as linhas com estes materiais sincronizadamente. Pegar nos componentes e movimentá-los para os diversos pontos onde vão ser usados é normalmente um processo de reabastecimento desses pontos de uso. Este processo é feito através da utilização de *kanbans* que mostram a quantidade necessária a levar desde o ponto de armazenagem de componentes até ao ponto onde vão ser consumidos. Este ciclo é muito similar ao primeiro ciclo referido, mas com algumas particularidades: o planeamento e a programação não são tão difíceis e as movimentações são feitas de acordo com as necessidades de abastecimento. As maiores restrições associadas a este ciclo são a quantidade elevada de componentes que podem existir numa organização e a sincronização de todos os movimentos.

Este ciclo deve ser um sistema capaz de reagir rapidamente de tal modo que quando é detetada uma necessidade, as ações corretas aconteçam instantaneamente sem necessidades de parar ou tomar decisões.

2. Estado da Arte (Revisão da Literatura)

Existem três áreas de melhoria referentes ao modelo TFM que servem de pilar desse mesmo modelo.

- Fluxo de Produção;
- Fluxo da Logística Interna;
- Fluxo da Logística Externa.

A Figura 7 representa o modelo do TFM, responsável por criar as cadeias e abastecimento mais ágeis e com menos desperdício.

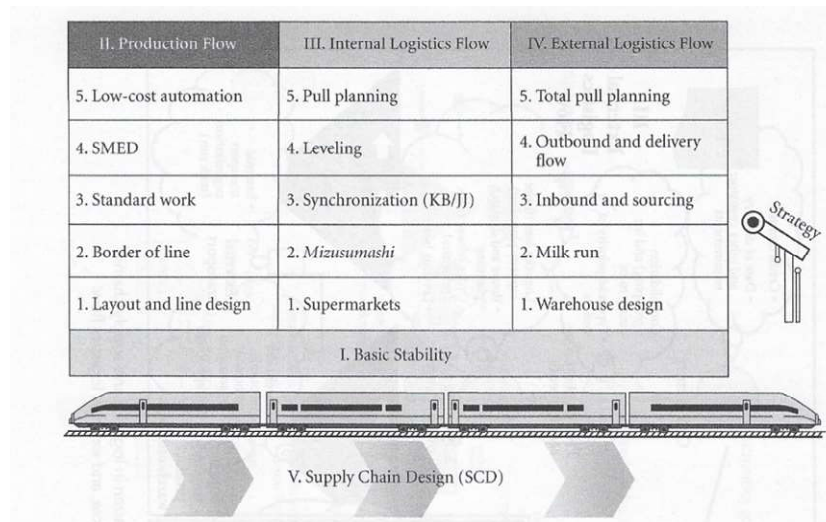


Figura 7 – Estrutura TFM (Coimbra, 2013)

Melhorias no Fluxo de Produção

O primeiro passo para melhorar o fluxo produtivo, é implementar o fluxo unitário, alcançar flexibilidade nas mudanças de formatos e melhorar a eficiência. Assim, existem melhorias que podem ser feitas dentro das seguintes categorias:

- Desenho do *layout* e da linha – obter fluxo unitário;
- Bordo de Linha – obter flexibilidade e eficiência na produção dos componentes;
- Normalização do Trabalho – obter eficiência nos movimentos dos operadores;
- SMED (*Single-minute Exchange of dies*) – melhorar a flexibilidade durante mudanças de formatos;
- Automação de baixo custo - obter eficiência nos movimentos dos operadores e facilitar as suas tarefas.

Melhorias no Fluxo da Logística Interna

O fluxo logístico interno inclui todos os movimentos de pequenos “contentores” ao longo da produção. Os diferentes tipos de melhoria neste âmbito são:

- Supermercados – simplificar e aumentar a eficiência do *picking* de componentes;
- *Mizusumashi* - simplificar e aumentar a eficiência do transporte de componentes até ao ponto de uso;
- Sincronização – simplificar a coordenação do abastecimento e de produção de componentes;
- Nivelamento – programar as linhas e máquinas da forma mais eficiente, diminuindo o efeito chicote;
- Planeamento produção puxada – produzir de acordo com as ordens do cliente.

Melhorias no Fluxo da Logística Externa

O fluxo logístico externo inclui todos os fluxos de paletes para as instalações da produção bem como a criação de fluxos de informação relacionados com as necessidades dos clientes no ciclo de *picking* de produto acabado. As melhorias associadas a este fluxo são as seguintes:

- Desenho dos armazéns e capacidade – produzir a mais eficiente infraestrutura física;
- *Milk run* – criar um fluxo nas operações de transporte externo;
- *Inbound* – criar um fluxo de paletes e contentores de pequenas dimensões;
- *Outbound* – criar um fluxo de paletes e contentores de pequenas dimensões;
- Planeamento produção puxada – produzir de acordo com as ordens do cliente.

O modelo TFM assenta ainda em mais dois pilares: a fiabilidade e o desenho do *Supply Chain*. A confiabilidade relaciona-se com o conceito da *Toyota* de estabilidade que determina que para criar um fluxo, é necessário obter certos níveis de estabilidade relativamente a mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos. A confiabilidade pode ser criada através de *workshops* no *gemba* que ajudam a resolver problemas. Este pilar é para lembrar que embora hajam enormes obstáculos, se deve começar por encontrá-los e definir contramedidas para os resolver (Coimbra, 2013).

Melhorar o fluxo logístico interno

Supermercados

O primeiro domínio são os supermercados, que se baseiam no conceito de ter um ponto acessível para aceder aos produtos como numa loja. Os produtos são retirados sem necessidade de olhar para um sistema informático ou uma ordem.

Para o fluxo ser alcançado, há a necessidade de encontrar um sistema de armazenamento fácil, em vez de ter material no ultimo nível das prateleiras ou disperso. A localização deve ser acessível, bem visível com ajuda da gestão visual e flexível.

Mizusumashi

O *Mizusumashi* (palavra japonesa que significa “*water beetle*” ou “*water spider*” e usada devido à agilidade deste inseto andar sobre a água) é um elemento fulcral na criação de um fluxo logístico interno. Neste caso, o *Mizusumashi* é o operador logístico que faz o transporte dos materiais usando uma rota cíclica fixa. Este colaborador transporta toda a informação relacionada com as ordens de produção (*kanban*) bem como os contentores, entre o supermercado e os bordos de linha com uma frequência de um ciclo (*pitch time* - normalmente 20 ou 60 minutos). Durante este ciclo, o colaborador pára nas linhas ao longo da rota e verifica as necessidades destas utilizando um pequeno comboio com capacidade suficiente para servir todas as linhas. Com este sistema, a produção fica com a certeza de que tem um método de abastecimento fiável e frequente.

Sincronização

Este termo está relacionado com o sistema de informação utilizado para sinalizar o início de uma produção ou da necessidade de *picking* e entrega dos materiais. A sincronização normalmente é feita com uso a mecanismos manuais que possam ser vistos pelo operador do *Mizusumashi* (gestão visual).

Assim, há duas maneiras de implementar a sincronização: *kanban* e *junjo*.

Num sistema *kanban*, o operador logístico analisa se há alguma caixa vazia. Cada caixa contem um cartão *kanban* que identifica o material, a quantidade e a localização da linha e do supermercado. Essa caixa vazia é levada com o cartão e no ciclo seguinte o operador abastece a linha com uma caixa igual. No sistema *junjo*, o *mizusumashi* recebe uma lista de aviamento com a sequência de consumo da linha de produção e abastece as linhas com os materiais necessários na sequência correta.

2.4 Sistemas Puxados de Abastecimento

O objetivo principal de um sistema puxado é eliminar ruturas e excessos de inventário, através de um sistema onde os materiais são automaticamente abastecidos à medida que são utilizados.

Para utilizar este sistema puxado é necessário que hajam critérios a serem cumpridos:

- A utilização dos materiais ser repetitiva;
- O consumo do material ser relativamente consistente (baixa variabilidade);
- Uma rutura de *stock* ter um impacto significativo no serviço do cliente (interno ou externo).

Criar um sistema puxado de abastecimento

1. Determinar as necessidades de consumo:

- Média de consumo semanal ou diária, baseada no histórico, previsões ou combinações de ambos (histórico não reflete alterações no negócio).
- Recalcular frequentemente para contemplar possíveis alterações de comportamento.

2. Determinar *Lead Time* (LT) e Intervalo entre Ordens (IT)

- *Lead Time* – Tempo desde que um material é consumido até que novos materiais sejam recebidos (tempo de abastecimento)
 - i. Para materiais comprados ter em conta: Tempo para gerar uma ordem de compra, *Lead Time* do fornecedor, tempo de transporte e tempo de Recepção/Inspeção/Armazenamento.
 - ii. Para materiais produzidos ter em conta: Tempo para gerar uma ordem de produção, *Lead Time* do processo e tempo de receção/inspeção (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

3. Determinar o nível de *Stock* de Segurança ótimo

Este método é baseado em experiências e computações empíricas, assumindo que o perfil do consumo se comporta como uma distribuição normal (Christopher, 2011).

$$\text{Stock de Segurança} = \sigma * \text{nível de serviço}$$

Onde,

σ – desvio-padrão (variabilidade da procura)

nível de serviço – nível de serviço desejado. Representa o número de desvios padrão relativos à média utilizados como *stock* de segurança. Um nível de serviço de 80% significa que em média, 80% das vezes não existirão ruturas de inventário.

Sistema de Abastecimento Dupla Embalagem

Este sistema utiliza duas embalagens como inventário do material a ser abastecido. A embalagem 1 tem quantidade suficiente para cobrir um determinado período de consumo. Quando a embalagem 1 esvaziar, a embalagem 2 passa a ser utilizada enquanto a outra embalagem está a ser reabastecida.

O sistema pode ser “*Line-Side*” (se estiverem longe do ponto de utilização) ou “*Point of Use*” (se estiverem no ponto de utilização) (George et al., 2005).

$$\text{Quantidade da Embalagem} = LT * \text{Consumo Médio} + SS/2$$

Onde,

LT – *Lead time* de abastecimento

SS – *Stock* de Segurança

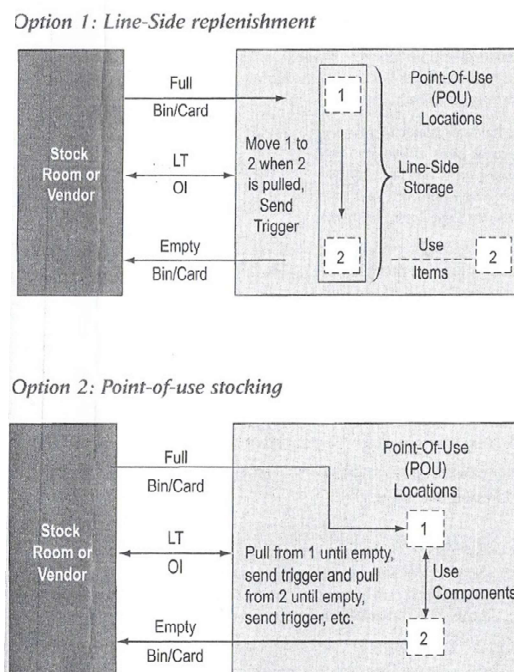


Figura 8 – Tipos de Sistemas de Abastecimento de Dupla Caixa (George et al., 2005).

2.5 Problemas de Otimização de Rotas

Os problemas de otimizações de rotas têm uma importância em toda a cadeia de abastecimento, na maneira como se distribuem os vários itens e tornaram-se um dos problemas mais estudados globalmente. Os problemas de otimização de rotas são um complexo problema de otimização computacional e só em alguns casos conseguem ser encontradas as soluções ótimas.

Houve uma evolução ao longo dos últimos 40 anos no desenvolvimento de heurísticas para este tipo de problemas, com bastante foco nas heurísticas clássicas que davam o foco em obter uma solução viável e só posteriormente aplicar um processo para otimizar essa solução. Nos últimos 10 anos o maior esforço foi colocado no desenvolvimento de algoritmos baseados em meta heurísticas usando dois princípios: busca local e busca populacional. Nos métodos de busca local, é efetuada uma busca intensiva no espaço de soluções até melhorar a solução em toda a vizinhança. Os métodos de busca populacional consistem em manter as melhores soluções e recombiná-las.

Os problemas de Otimização de rotas consistem no desenho de um conjunto de rotas de entrega ou *picking* tal que:

- Cada rota começa e acaba no mesmo ponto;
- Cada cliente é visitado apenas uma vez por apenas um veículo;
- A procura de cada rota não exceda a capacidade do veículo;
- A duração total de cada rota (inclui tempo de viagem mais tempo de serviço) não exceda um determinado limite de tempo;
- O custo total da rota seja minimizado (Cordeau et al., 2016).

Método Clarke and Wright – heurística de poupanças

A heurística de Clarke & Wright (CW) é uma das heurísticas mais conhecidas e mais usadas e baseia-se na noção de poupanças. Inicialmente, uma solução viável consiste num número n de caminhos entre um armazém e um cliente. A uma certa interação, dois caminhos (v_0, \dots, v_i, v_0) e (v_0, v_j, \dots, v_0) emergem numa única rota $(v_0, \dots, v_i, v_j, \dots, v_0)$ sempre que for viável, gerando assim uma poupança $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$ (Cordeau et al., 2016).

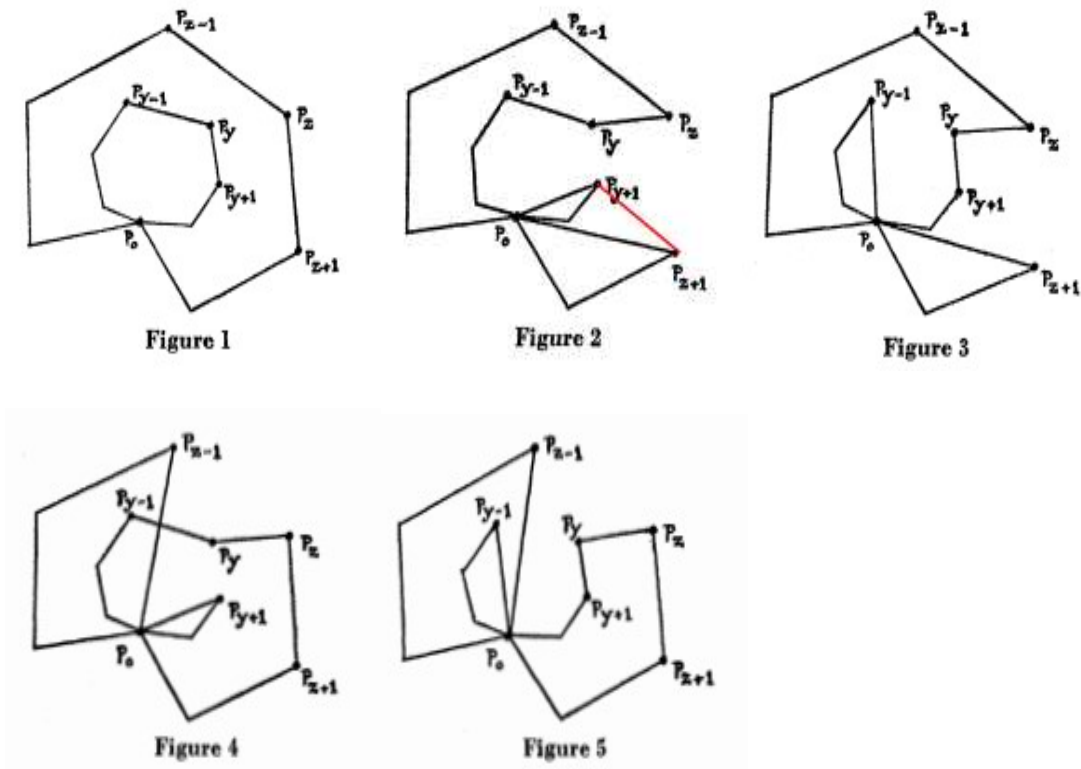


Figura 9 - Junção de dois caminhos pelo método de savings (Clarke & Wright, 1964)

Consideremos o caso da fig. 9 onde se pretende juntar dois caminhos de modo a que cada ponto esteja ligado a outros dois pontos. P_0 representa o armazém e P_y e P_z os pontos a ligar. Sejam os pontos ligados a $P_y, P_{y\pm 1}$, o mesmo para P_z .

O efeito de juntar P_y a P_z vai ser calculado. É assumido que P_y e P_z se encontram em diferentes caminhos.

A Figure 1 mostra as posições de P_y e P_z na sua alocação viável, as restantes mostram as quatro formas de decomposição destes caminhos para juntar P_y e P_z :

(2) *Saving* de juntar $P_y P_{y+1}$ e $P_z P_{z+1}$: $d_{y,y+1} + d_{z,z+1} - d_{y,z}$

(3) *Saving* de juntar $P_y P_{y-1}$ e $P_z P_{z+1}$: $d_{y,y-1} + d_{z,z+1} - d_{y,z}$

(4) *Saving* de juntar $P_y P_{y+1}$ e $P_z P_{z-1}$: $d_{y,y+1} + d_{z,z-1} - d_{y,z}$

(5) *Saving* de juntar $P_y P_{y-1}$ e $P_z P_{z-1}$: $d_{y,y-1} + d_{z,z-1} - d_{y,z}$

A maior poupança é selecionada e resultará na junção dos dois caminhos numa única rota. Sempre que um ponto estiver ligado a outros dois (com exceção de P_0), esse ponto deixa de ser considerado disponível para se ligar a outros pontos (Clarke & Wright, 1964).

3. Caso de Estudo

Este capítulo começa com uma descrição dos processos da empresa e sobre o estado inicial dos inventários da linha e a caracterização do comportamento de cada material, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria.

Em seguida é feito um estudo mais detalhado de todas as áreas de relevo para este trabalho.

3.1 Mapa de processos

O processo de produção de uma embalagem metálica começa com a recepção dos *coils* de folha-de-flandres e o seu respetivo armazenamento no armazém A0 segundo o sistema FIFO. Este coil, dependendo do seu tamanho e espessura vai dar propriedades e dimensões diferentes ao produto final.

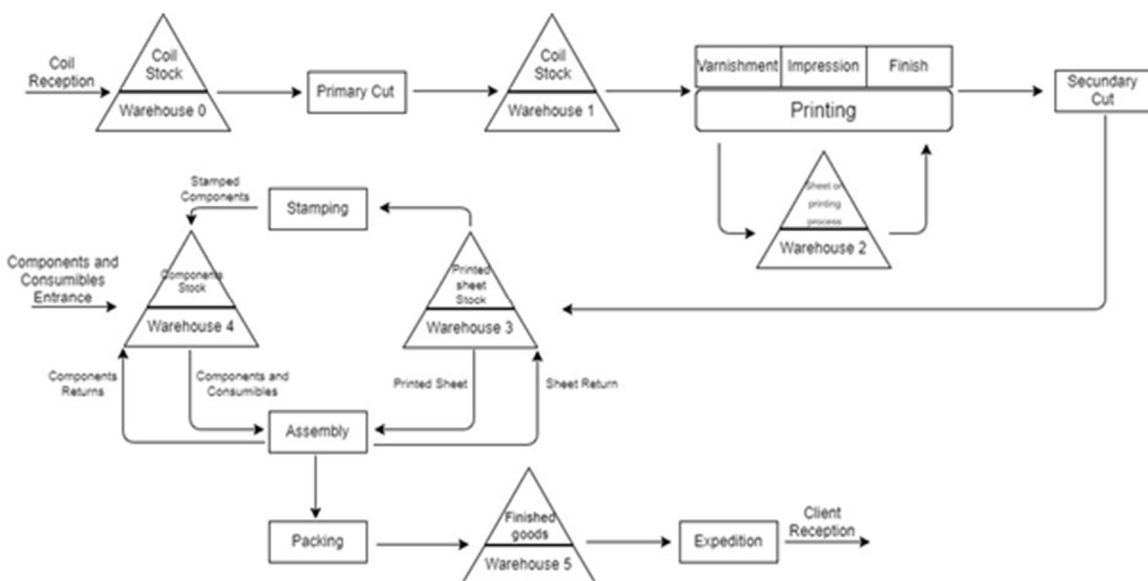


Figura 10 - Fluxo Produtivo, sistema FIFO

Na operação seguinte, o *coil* é desenrolado e é cortado em várias folhas que são colocadas por cima de um estrado, originando um *balote* de folha. Após isso é armazenado no armazém A1 em estrados. O processo seguinte é a Litografia (*printing plant*) composto por três fases: envernizamento, impressão e acabamento. Na fase de envernizamento é aplicada uma ou duas camadas de verniz na “folha-virgem” de modo a preparar a folha para a fase seguinte. Na fase de impressão, são aplicadas na folha envernizada todas as cores necessárias para garantir o design da embalagem do cliente. O processo de litografia termina com a aplicação de vernizes

de acabamento. Todas estas operações são suportadas pelo armazém de litografia que armazena todos os produtos até que a fase de acabamento seja terminada. Assim que termina a ultima fase do processo anterior, a folha segue para uma nova operação: o corte secundário. Nesta operação, uma folha vai originar vários corpos mais pequenos que serão usados nos processos de estampagem (componentes) e de montagem (corpo da embalagem metálica).

Como referido, o processo de estampagem é um dos processos que se seguem. Aqui, o corpo resultante do corte secundário é puncionado em componentes que serão usados na montagem. As linhas de estampagem estão divididas em duas grandes áreas: a estampagem de aerossóis e a estampagem de *General Line*, que envolve componentes para embalagens alimentares e industriais. O processo destas áreas segue os mesmos princípios.

O processo de montagem é responsável por dar forma ao corpo da embalagem e juntar todos os componentes produzidos na estampagem com o corpo da embalagem metálica, resultando numa embalagem final pronta a ser enchida. Igualmente às linhas de estampagem, as linhas de montagem encontram-se divididas nas mesmas áreas mencionadas. As diferenças entre as áreas devem-se ao tipo de materiais consumidos.



Figura 11 – Embalagens produzidas na Colep (aerossóis e *General Line*, respetivamente)

As latas são armazenadas em paletes e ficam no armazém de produto acabado até serem expedidas.

3.2 Estado Inicial - piloto

Como referido, o objetivo deste projeto é o de estudar o comportamento no bordo de linha e identificar oportunidades de melhoria. Assim, para melhor compreender o estado inicial do inventário em linha, foi feito uma análise piloto num conjunto de 8 linhas.

3.2.1 Caracterização das linhas piloto

Neste piloto as linhas em questão, são linhas de General Line incluindo uma linha de Estampagem de embalagens industriais, quatro de Montagem de embalagens Alimentares e três de Montagem de embalagens Industriais. Estas linhas foram selecionadas por se tratarem de linhas que consomem mais referências de consumíveis do que as linhas de Aerossóis (linhas GL consomem olhais, arame de zinco, asas plásticas, etc.) que não são consumidos noutras áreas. De modo a conhecer a duração do consumo dos materiais que se encontram em linha, foi utilizado como referência a unidade *SoH (Shifts on Hand)*, que traduz o número de turnos até que a quantidade de material em linha seja completamente consumida. Esta medida é calculada pela razão entre a quantidade em linha e as necessidades de cada material por turno.

Para identificar os materiais mais consumidos ao longo de um ano em cada linha foi feita uma análise ABC. Com esta análise, é possível ficar a conhecer quais os materiais mais consumidos ao longo de todo o ano em cada linha. Numa primeira análise, importa identificar os materiais tipo A que correspondem a 80% do consumo anual da linha. Contudo, foi necessário recorrer à transformação do consumo unitário numa unidade comum, isto porque as unidades dos diferentes componentes não são iguais (UN (unidades), KG (quilogramas), L (litros), ROL (rolos) e M (metros)). Para resolver esta diferença de unidades, e entender a ordem de grandeza do consumo de cada componente, utilizou-se como referência a unidade LT (lata), isto é, a quantidade de latas anuais produzidas com a quantidade de cada material. Convertendo tudo à mesma unidade, e aplicando o diagrama de Pareto aos consumos anuais de todos os materiais em cada linha, obtemos o seguinte gráfico (gráfico 1). É importante realçar que o elevado número de SKUs (referência do material) se deve ao tipo de produto a produzir: embora haja uma uniformização de SKUs de BTs (fundos) consoante o diâmetro, o mesmo não acontece com os BDs (corpos). Cada corpo litografado (mesmo que tenha o mesmo comprimento e largura) é um SKU, e como a linha produz várias embalagens diferentes, isto justifica o elevado número de SKUs identificados na análise.

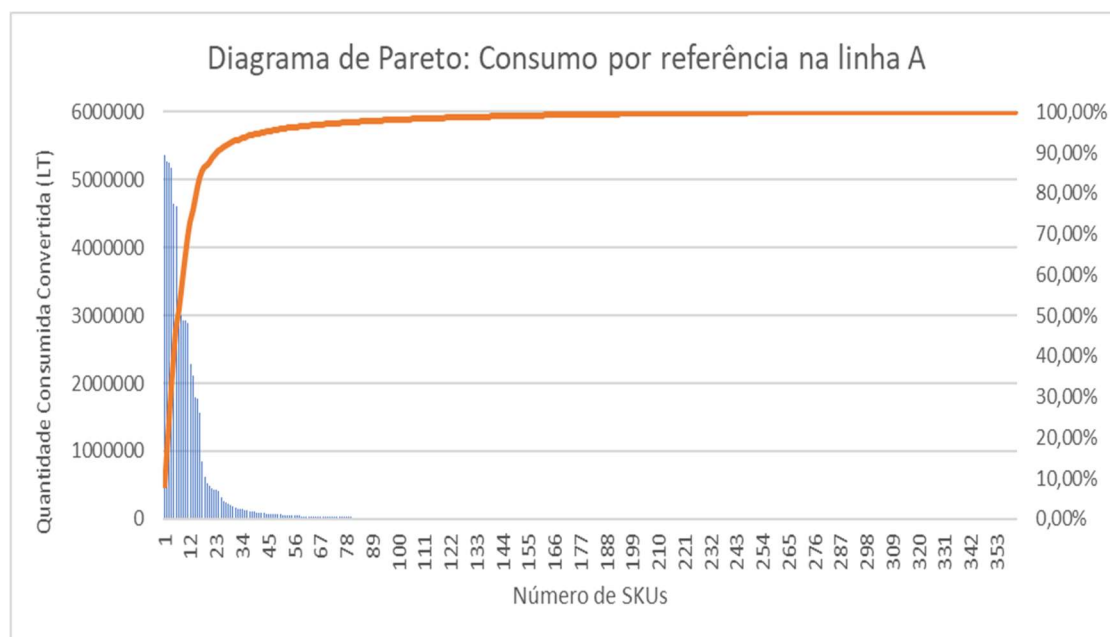


Figura 12 - Diagrama de Pareto: Consumo por referência numa das linhas do piloto

Com recurso à matriz ABC e ao diagrama de Pareto, foi possível concluir para a linha A que:

- 17 SKUs correspondem a 80% do consumo anual – Categoria A;
- 27 SKUs correspondem aos 15% restantes – Categoria B;
- 317 SKUs correspondem aos restantes 5% - Categoria C.

Por tudo referido anteriormente, para a análise os fundos e os corpos não foram estudados em detalhe. Deste modo, dos 17 SKUs categorizados como A, apenas 15 SKUs serão incluídos na análise. A figura seguinte indica os materiais tipo A da linha A.

3. Caso de Estudo

Tabela 1 – Consumo Anual dos Materiais As da linha A ¹

Componente	D1	Quantidade Consumida	UN	Quantidade Equivalente	UNEQ
63-00480	FIO RAFIA	408,07	KG	6603551,43	LT
61-14956	ARAME	358559,40	KG	6472191,12	LT
51-20331	OLHAL	12902808,24	UN	6451404,12	LT
51-05901	CABOS	6358,95	MIL	6358949,94	LT
61-10461	DILUENTE 1	725,01	L	5717465,58	LT
61-10452	VRNZ 1	503,28	L	5658460,02	LT
63-10832	MANGA 1	26432,27	KG	3899470,23	LT
63-01974	SEPARADOR CARTAO	73694,92	UN	3701030,64	LT
61-10450	ENDURECEDOR	132,37	KG	3600705,69	LT
61-14101	DILUENTE 2	393,60	KG	3593731,59	LT
61-10451	VRNZ 2	778,27	KG	3546110,91	LT
63-00573	MANGA 2	18516,52	KG	2594243,43	LT
63-09925	PALETE 1	18753,29	UN	2212343,19	LT
63-01647	PALETE 2	16559,21	UN	2179416,09	LT
61-15094	VRNZ 3	1596,26	KG	1915092,78	LT

Tendo identificado os materiais As, foi importante analisar o seu consumo semanal para converter para consumo por turno, de modo a obter a unidade de referência *SoH*. Através do histórico de um ano, foi obtido o consumo semanal de cada material A, calculando posteriormente o consumo médio semanal e o respetivo desvio-padrão.

Para calcular o número de turnos que as linhas trabalharam durante o mesmo período em estudo, foi analisado diariamente o número de turnos correspondentes, incluindo os fins-de-semana. A tabela seguinte (tabela 2) mostra o número médio de turnos por cada dia da semana e o número de turnos que foram trabalhados ao fim de semana para todas as linhas e o número total de turnos semanais.

¹ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

Tabela 2 – Número de turnos semanais das linhas piloto²

Linha	Turnos por dia de semana (A)	Turnos aos fins de semana (Sábado + Domingo) (B)	Total Turnos Médios Semanais (5 × A + B)
A	2,6754	1,01955	14,39655
B	0,61761	0	3,08805
C	1,3167	0,1008	6,6843
D	0,7686	0	3,843
E	1,81755	0,1008	9,18855
F	0,8967	0,021	4,5045
G	1,89945	0,2016	9,69885
H	1,4217	0,1008	7,2093

3.2.2 Inventário em linha das linhas piloto

Repetindo tudo o que foi referido na secção anterior para todas as linhas, e analisando todos os componentes com categoria A, foram calculados o consumo médio semanal e o respetivo desvio-padrão. Por fim, procedeu-se à transformação do comportamento semanal de cada material num período temporal mais curto, o turno. Este cálculo, no que diz respeito ao consumo médio por turno, foi obtido através do quociente entre o consumo médio de cada material e o total de turnos médios semanais.

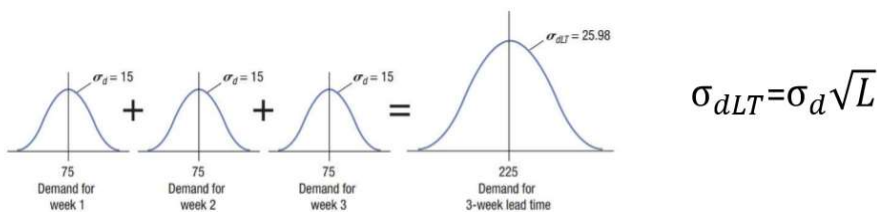


Figura 13 – Transformação de desvio-padrão em diferentes períodos temporais (fonte: Formação Colep Supply Chain School 2017)

² Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

3. Caso de Estudo

Relativamente à transformação do desvio padrão do consumo médio por turno, a figura 13 descreve a fórmula aplicada nesta etapa. O pretendido é converter o desvio padrão de um período, noutro período de menor dimensão. Sendo σ_{dLT} o desvio padrão de maior espaço temporal, e σ_d o desvio padrão de menor espaço temporal, temos que a procura média por turno é igual ao quociente da procura média semanal e a raiz do espaço temporal mais pequeno (neste caso, foi considerado o número total médio de turnos durante uma semana).

O passo seguinte foi a quantificação de cada material no seu local respetivo de armazenamento na linha e entender como eram consumidos, isto é, se a quantidade na linha era consumida só nessa linha em questão ou se era partilhado com outras linhas na área. Essa informação foi conseguida através da interação com os operadores das linhas e com as suas chefias em diálogos no *gemba*. No seguimento da recolha da informação total necessária, foi feita a tabela 3 que mostra como os materiais são partilhados entre linhas.

Tabela 3 – Materiais partilhados entre linhas

Material	E	C	D	B	F	G	A	H
FITA PP	1	1	1	2	2			
VRNZ LIQUIDO 1	9	9	9		24	24	24	
VRNZ PÓ 1	3	4	5		6	7	8	
DILUENTE 1	10	10	10		12	12	12	
SEPARADOR CARTÃO 1	13	13	13	13	13	13	13	14
SEPARADOR CARTÃO 2	15	15	15	15	15	15	15	16
FILME ESTIRAVEL 1			21					
DILUENTE 2					26	26	26	
VRNZ LIQUIDO 2					28	28	28	
FIO RAFIA						29	29	
OLHAL 1					30	30		
ARAME 1						31		
SEPARADOR PLASTICO						33	33	
ARGOLAS						34		
ENDURECEDOR					35	35	35	
ASA PLASTICO					36			
OLHAL 2					38			
ASA ARAME					39			
SIMBLOS TACTEIS					40			
ARAME 2							32	
OLHAL 2							41	
CABOS PLASTICO							42	
BORRACHA 1								43
BORRACHA 2								44
FILME ESTIRAVEL 2								47

Para entender esta tabela, lê-se a linha e só depois se olha para as colunas. Cada número é um grupo, um *cluster*. Assim, se numa linha houver *n* números significa que aquele material é consumido em várias linhas, mas fisicamente está alocado em *n* locais diferentes. As linhas com o mesmo número partilham o material entre si, e quando necessitam dele, deslocam-se ao local onde este está alocado.

Analisando a tabela acima, entende-se que há materiais partilhados por várias linhas e outros que estão unicamente alocados a uma linha. Após entender esta tabela, as procuras médias por turno e o seu respetivo desvio padrão dos materiais partilhados entre linhas, necessitaram de ser adicionados originando uma nova procura e um novo desvio.

A nova média do consumo por turno do material seria igual à soma de todas as médias do consumo por turno de todas as linhas. O novo desvio padrão seria igual à raiz quadrada da soma da variância do consumo por turno de todas as linhas, como esclarece (Lane et al., 2009). O Anexo I mostra o novo consumo agregado por local de abastecimento de material e respetivos consumos e desvios por turno. Tendo já transformado a procura média semanal em procura média por turno, seria só necessário quantificar o inventário na linha. Para isso, foi feito um levantamento em todas as linhas do inventário à data de modo a ter uma perceção do tempo que levaria para consumir essa mesma quantidade em turnos (SoH), Tabela 4. A figura seguinte, Figura 14, mostra o número de *Shifts on Hand* respetivos a cada material correspondente a uma ou várias linhas como referido anteriormente e a subcategorização desses materiais para entender quais são os grupos onde há maior oportunidade de melhoria.

Tabela 4 – SoH dos vários materiais alocados às linhas e sua subcategorização³

Material - Linhas que o consomem	Quantidade linha	Quantidade Unitária	UM	SoH	Subcategoria
FITA PP - C/D/E	2100	60	M	74,34	M. Embalamento
FITA PP- B/F	2880	60	M	148,68	M. Embalamento
VRNZ PÓ 1 - E	100	100	KG	100,98	Verniz
VRNZ PÓ 1- C	100	100	KG	272,88	Verniz
VRNZ PÓ 1- D	100	100	KG	461,61	Verniz
VRNZ PÓ 1- F	100	100	KG	71,46	Verniz
VRNZ PÓ 1- G	100	100	KG	170,91	Verniz
VRNZ PÓ 1 - A	100	100	KG	49,5	Verniz
VRNZ LIQUIDO 1 - C/D/E	22,5	22,5	L	30,96	Verniz
DILUENTE 1 - C/D/E	22	22	L	198,9	Verniz
DILUENTE 1 - G/F/A	22	22	L	14,67	Verniz
SEPARADOR CARTÃO 1 - B/G/F/C/D/E	280	140	UN	1,8	M. Embalamento
SEPARADOR CARTÃO 1- H	8	140	UN	0,27	M. Embalamento

³ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

3. Caso de Estudo

SEPARADOR CARTÃO 2 - B/G/C/D/E/A	140	140	UN	0,54	M. Embalamento
SEPARADOR CARTÃO 2 - H	20	140	UN	0,99	M. Embalamento
VRNZ LIQUIDO 1 - A	45	22,5	L	39,78	Verniz
DILUENTE 2 - G/F/A	66	44	KG	99,09	Verniz
VRNZ LIQUIDO 2 - G/F/A	48	48	KG	33,3	Verniz
FIO RAFIA - G/A	9	1	KG	15,21	M. Embalamento
OLHAL 1 - G/F	400000	200000	UN	38,16	Olhais
ARAME 1 - G	737	737	KG	8,19	Arame
ARAME 2 - A	1599	1599	KG	3,51	Arame
SEPARADOR PLASTICO - G/A	110	10	KG	32,31	M. Embalamento
ARGOLAS - G	10200	510	UN	3,69	Argolas
ENDURECEDOR - G/F/A	4,6	0,46	KG	19,62	Verniz
ASA PLASTICO - F	6250	1250	UN	6,84	Asas
OLHAL 2 - F	13000	13000	UN	7,47	Olhais
ASA ARAME - F	1200	1200	UN	2,16	Asas
OLHAL 20LTS REF.ORE-O/20-1 - A	100000	100000	UN	6,12	Olhais
CABOS PLASTICO - A	84000	28000	UN	10,44	Cabos
BORRACHA 1 - H	180	180	KG	3,6	Borracha
BORRACHA 2 - H	50	25	KG	3,96	Borracha
FILME ESTIRAVEL 2 - H	1	1	ROL	0,27	M. Embalamento

Generalizando, é possível perceber os custos e o os comportamentos das *Shifts on Hand* como mostram as seguintes figuras:

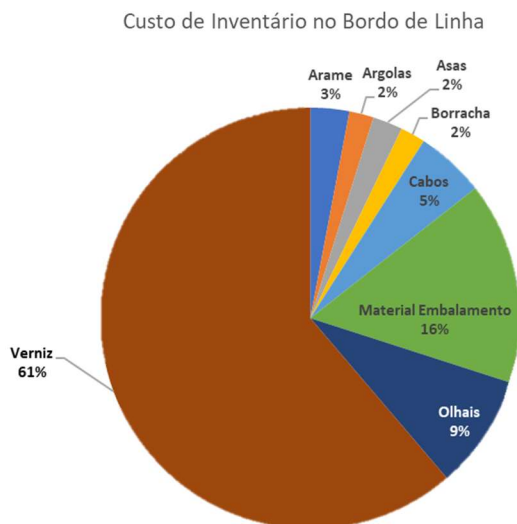


Figura 14 – Custo de Inventário em € relativo a cada subcategoria.

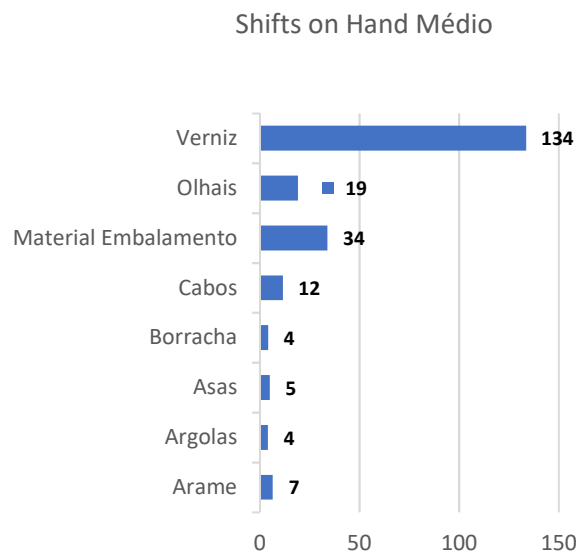


Figura 15 – Shifts on Hand médio relativo a cada subcategoria.

Ao analisar as fig. 14 e 15, é possível verificar o seguinte:

- Os vernizes são responsáveis por 47% do valor do inventário no bordo de linha das linhas em estudo. Além disso, em média, são materiais com muitos *SoH* o que mostra que a quantidade em linha dá para muitos turnos.
- Por outro lado, os arames representam 12% do valor do inventário no bordo de linha das linhas em estudo. Contudo, em termos de *SoH* representam muito pouco, ou seja, a quantidade em linha é rapidamente consumida.

Identificamos aqui, com base nestas figuras, que os vernizes são uma subcategoria com enorme potencial de melhoria, quer em custo de inventário, como também em rotatividade. Quanto menor a quantidade em linha, menor os *SoH*. Com esta conclusão, foi feito um estudo para analisar ao detalhe os comportamentos dos vernizes na unidade de *Packaging* e deste modo, otimizar o inventário no bordo de linha.

3.3 Estado Inicial – linhas que consomem vernizes

Para melhor entender o comportamento dos vernizes nas linhas, foi necessário estudar ao detalhe o comportamento das linhas e os consumos dos vernizes associados a estas. Esta subsecção tem como objetivo caracterizar o comportamento dos vernizes e das linhas, bem como identificar o estado inicial do inventário no bordo de linha. Foi feita uma análise semelhante às linhas piloto, usando a matriz ABC para caracterizar os vernizes de acordo com o seu consumo anual, e foi aplicada uma ferramenta nova: a matriz XYZ, com o objetivo de estudar a variabilidade do consumo destes materiais.

3.3.1 Processo de Montagem das Embalagens Metálicas

O processo de montagem das embalagens metálicas, quer nas linhas de Aerossóis como de *General Line*, é muito semelhante. Começa na máquina de soldar, onde o corpo é soldado dando origem a um cilindro aberto nas extremidades e onde é aplicado verniz na soldadura tanto no interior, como no exterior. Dependendo da tipologia de produtos, o tipo de verniz é diferente. No caso das embalagens alimentares, o verniz tem de ter propriedades específicas, compatíveis com os produtos que serão armazenados nas embalagens. Após a aplicação dos vernizes (facultativo, há embalagens sem verniz), o corpo soldado passa por um forno para secar o verniz

3. Caso de Estudo

e posteriormente são cravados os componentes. No caso de algumas linhas de industriais são cravados argolas na outra extremidade do corpo soldado e, noutros casos, é apenas dobrada a beira de modo a não tornar a embalagem perigosa.

Em algumas linhas industriais, há ainda a cravação de olhais (aplicação de um verniz específico para os olhais) nas embalagens e a inserção de um aro metálico, terminando assim a fase de montagem. Na fase seguinte são realizados testes de pressão e termina o processo com a paletização das embalagens.

3.3.2 Caracterização do consumo dos vernizes

Através das estruturas dos materiais, foi possível descobrir quais as linhas que utilizavam vernizes, e que vernizes eram esses. Concluiu-se que se tratam de 13 vernizes (2 vernizes pó A e B, e 11 vernizes líquidos C - M) e 17 linhas:

- 6 linhas de montagem de Aerossóis;
- 9 linhas de montagem de *General Line*;
- 2 linhas de estampagem de *General Line*.

A figura seguinte mostra os vernizes que cada linha consome.

Tabela 5 – Vernizes consumidos por linha

1	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	17
C	A	B	A	E	B	B	B	C	A	A	A	A
D	C	E	B	F	E	E	E	D	E	E	C	B
I	D	F	E	G	F	F	F	E	G	G	D	C
2	E	G	F	H	G	G	G	I	K	15	E	D
A	G	H	G		H	H	H	11	L	A	G	E
B	I		H		M	K	K	C	13	E	I	G
E			J			L	L	D	C	G		I
			K					E	D	K		
			L					I	I	L		
			M									

Analisando a Tabela 5, é possível concluir que 71% das linhas utilizam pelo menos um tipo de verniz pó e que todas elas, no mínimo, podem consumir 3 tipos de vernizes diferentes. Contudo, esta tabela não é conclusiva relativamente ao comportamento dos vernizes em cada linha. Para melhor entender esse comportamento ao longo do ano, foi utilizada novamente a Matriz ABC para identificar os vernizes das linhas com mais consumo, e por outro lado, aqueles que são menos consumidos. A unidade de medida dos vernizes não é toda igual, em alguns casos temos

“L” e outros “KG”. Assim, voltamos a utilizar a unidade de referência “LT”, representando o número de latas possíveis de produzir com a quantidade respetiva.

Concluiu-se então que:

- 18 vernizes são consumidos em várias linhas, correspondendo a cerca de 85% do consumo anual – categoria A.
- 14 vernizes são consumidos em várias linhas que correspondem a 10% da restante do consumo anual – categoria B.
- 53 vernizes são consumidos em várias linhas, correspondendo aos restantes 5% do consumo anual – categoria C.

Ao analisar a informação seguinte, ficamos sem saber como é o comportamento do consumo dos vernizes ao longo do ano, isto é, como é a frequência de consumo. Para determinar este aspeto importante, foi utilizada a Matriz XYZ, que classifica os materiais consoante o seu coeficiente de variância.

Para obter esta variável, foi necessário calcular a média e o desvio-padrão e dividir o desvio-padrão por essa mesma média calculada. Através do histórico semanal dos vernizes consumidos em cada linha, obteve-se o que se pretendia.

Consoante o valor do coeficiente de variância calculado, foi atribuído uma categoria ao verniz, como já foi referido acima. O resultado foi o seguinte:

- 12 vernizes são consumidos em várias linhas de modo regular ao longo de todo o ano – categoria X;
- 19 vernizes são consumidos em várias linhas, onde se pode verificar uma variável de sazonalidade – categoria Y;
- 45 vernizes são consumidos em várias linhas, cujo o seu comportamento é completamente irregular – categoria Z;

Cruzando a informação obtida da Matriz ABC com a informação da Matriz XYZ, foi construída a seguinte tabela e os seguintes gráficos, e obteve-se 9 subcategorias:

Tabela 6 – Matriz ABC/XYZ dos vernizes em análise

Nº vernizes por categoria	X	Y	Z	Total
A	9	8	1	18
B	1	7	6	14
C	2	13	38	53
Total	12	28	45	85

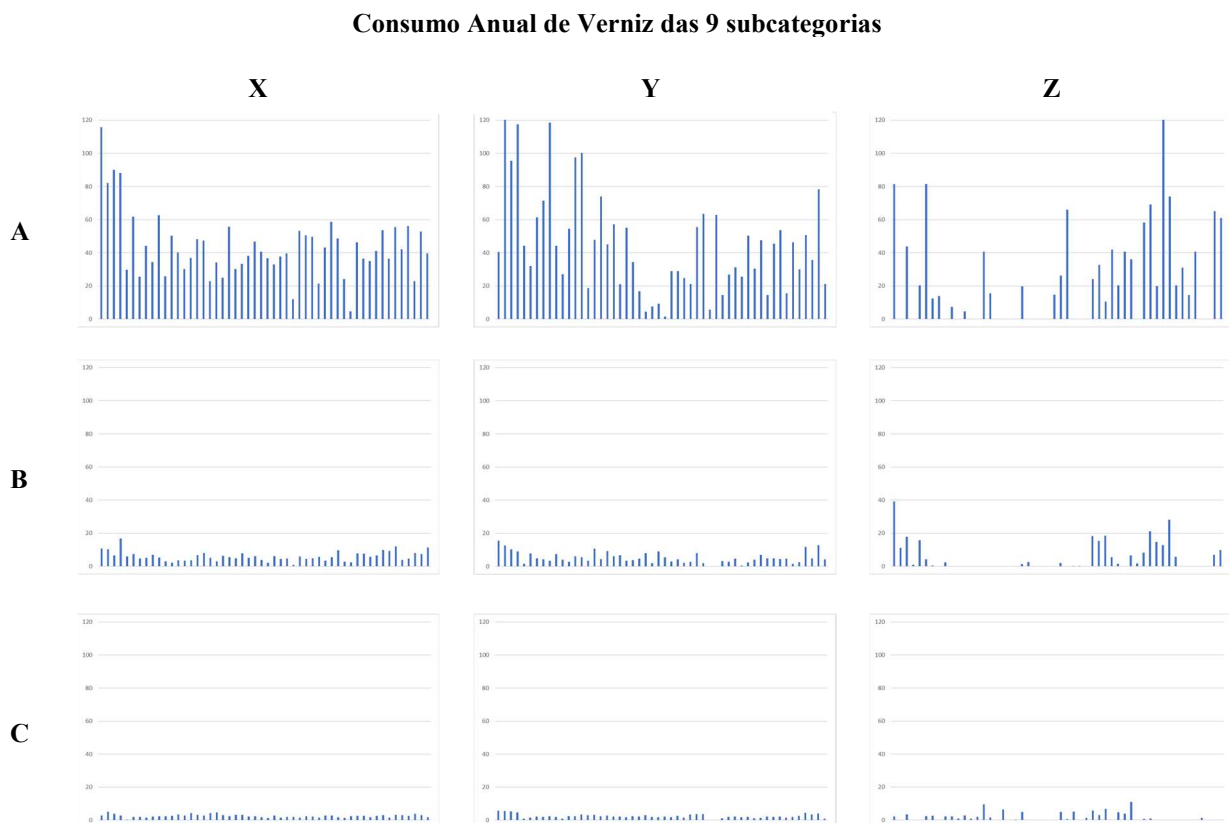


Figura 16 – Ilustração gráfica do comportamento das 9 subcategorias.

De acordo com a Tabela 6 e com a Figura 16, o detalhe do comportamento dos vernizes é maior e dá para tirar mais conclusões:

- Os materiais classificados como Zs representam 53% do total de vernizes estudados. Como a categoria refere, são materiais com um consumo irregular.
- 75% dos vernizes classificados como Xs, têm categoria A em termos de quantidade consumida anualmente, o que demonstra que são materiais que são muito consumidos, e com grande frequência. São produtos de alta rotação.

3.3.3 Inventário de vernizes em linha

Para quantificar o inventário no bordo de linha de vernizes, foi feita uma análise ao consumo agregado de cada verniz por todas as linhas que consomem esse mesmo verniz. De igual forma à análise feita na subsecção 3.2.2, foram somadas as médias de consumo por turno. Para isso, foi necessário transformar o consumo médio semanal em turnos. A tabela seguinte mostra o número de turnos médios semanais ao longo de um ano, para que a transformação seja possível.

Tabela 7 - Número de turnos semanais das linhas que consomem vernizes⁴

Linha	Turnos por dia de semana (A)	Turnos aos fins de semana (Sábado + Domingo) (B)	Total Turnos Médios Semanais (5 × A + B)
1	0,899	0,000	4,494
2	0,662	0,000	3,310
3	0,897	0,021	4,503
4	2,896	1,737	16,214
5	2,863	0,565	14,882
6	2,936	1,491	16,170
7	2,177	0,202	11,086
8	2,541	0,686	13,393
9	2,133	0,426	11,088
10	0,708	0,049	3,590
11	1,203	0,000	6,018
12	1,818	0,101	9,188
13	1,034	0,000	5,171
14	1,317	0,101	6,683
15	0,769	0,000	3,843
16	1,901	0,202	9,704
17	2,678	1,020	14,407

Somando a procura média das linhas que consomem cada verniz, obteve-se a tabela 8. Nessa tabela encontra-se também a quantificação do inventário existente na fábrica, através da realização de um inventário físico às linhas e aos armazéns onde os vernizes estão armazenados, e o *SoH*.

Tabela 8 – *Shifts on Hand* dos vernizes em linha⁵

Verniz	Consumo médio por turno	UM	Quantidade em linha	SoH
A	1,7145	KG	50	4,166
B	2,1645	KG	650	42,900
C	0,0342	L	58	242,272
D	0,2133	L	48	32,148
E	2,3859	L	157,5	9,430
F	0,2025	L	120	84,656
G	0,4788	L	40	11,935
H	0,2601	L	80	43,939
I	0,1008	L	22	31,179
J	0,0063	L	12	272,109
K	0,0027	L	14	740,741
L	0,0054	L	9	238,095
M	0,0243	L	45	264,550

⁴ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

⁵ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

3. Caso de Estudo

Facilmente se entende, que há vernizes com um consumo muito baixo. Basta olhar para a coluna “SoH”, onde há vernizes que demoram mais de 200 turnos, até que o inventário seja completamente consumido. Assim sendo, há vernizes que estão na linha que não deviam estar. Segundo as boas práticas de logística e gestão de inventário, deve ter-se as necessidades no momento certo, na quantidade certa e ao mínimo custo possível. Estes vernizes deveriam ser só consumidos quando houvesse necessidade.

Analisando a situação inicial das linhas de vernizes, entende-se assim que há um enorme potencial de melhoria na redução do inventário no bordo de linha através da redução da quantidade existente na fábrica como também no número de *SoH* de cada verniz.

3.3.4 Processo de pedido de abastecimento de vernizes

Tendo identificado o estado em que se encontravam as linhas no que diz respeito ao nível de inventário de vernizes nos bordos de linha, o passo seguinte foi entender como funciona o processo de abastecimento de vernizes. Percebeu-se que o processo era muito convencional. A figura seguinte descreve o processo anterior de uma forma visual.

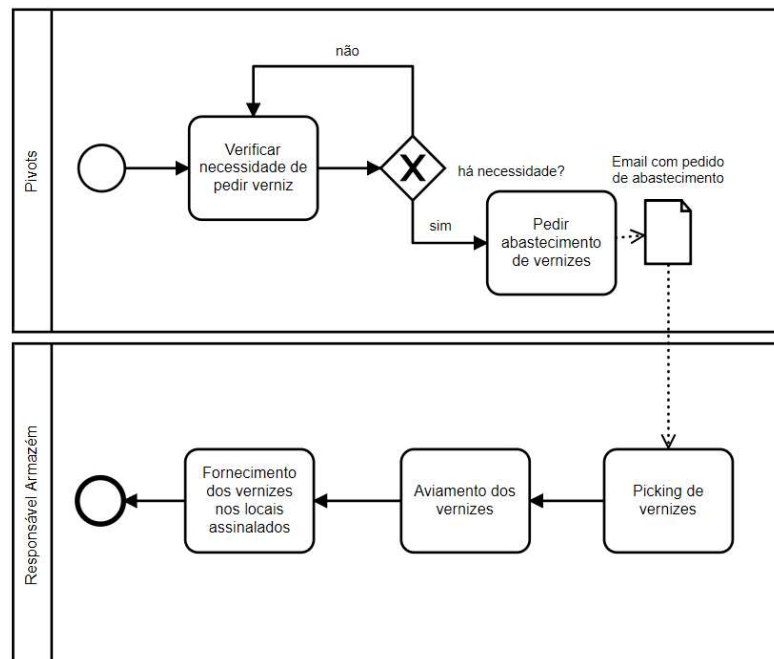


Figura 17 – Descrição do processo de abastecimento de vernizes

Existem dois *pivots*, que fazem a ligação entre a produção e a logística. Estes *pivots* são dois elementos pertencentes a duas áreas diferentes: um tem ligações com os Aerossóis e o outro à área de *General Line*. O papel destes intervenientes é o de gerir o inventário que têm nas linhas das suas áreas respetivas, enviando um correio eletrónico para o responsável dos armazéns fazer o aviamento dos materiais a enviar para as linhas, sempre que houver uma necessidade

de abastecimento. Existe um problema nesta fase, o que despoleta a necessidade de pedir verniz tem a ver com conhecimento adquirido com a experiência de cada *pivot*. Não havia nenhum processo que facilitasse esta tarefa. Assim, de modo a não haver roturas, os *pivots* pediam sempre, para abastecer a linha, quantidades baseadas na sua experiência e não nas necessidades reais. Identificou-se em linha quantidades de verniz demasiado desproporcionais com os seus consumos que se explicam com esta falta de conhecimento científico.

O aviamento é a tarefa de transferir um determinado material de um armazém físico e passá-lo para a área de produção. Para isso, no sistema de gestão integrada utilizado registam o número do lote e o número da etiqueta que identifica o material. Após isso, levam os materiais pedidos pelos *pivots* para a área de produção.

Atualmente, são enviados dois emails semanais a pedir verniz para cobrir as necessidades das linhas. A quantidade em fábrica é muito grande, como podemos verificar no subcapítulo anterior, uma vez que tem de cobrir essas necessidades todas e garantir que não haja rotura. Para isso, com receio de falhar, os *pivots* pedem sempre quantidade a mais do que realmente necessitam, o que justifica a quantidade desproporcional em fábrica.

4. Aplicação da Metodologia

Como pudemos analisar anteriormente, foram identificadas 3 categorias de vernizes no que toca à variabilidade do seu consumo ao longo de um ano. Com o objetivo de reduzir e otimizar o inventário em linha de vernizes e de melhorar o processo de aviamento de vernizes foram utilizados sistemas de abastecimento diferentes, mas integrados no conceito *mizusumashi*, consoante a sua classificação. Assim sendo, aplicando as boas práticas de gestão de inventários e os “7 desperdícios”, percebeu-se que os materiais Zs necessitariam de estar presentes na linha quando necessário. Para isso, criou-se um sistema *kanban*, garantindo que este tipo de materiais se encontra no sítio necessário, na quantidade e no momento correto. Já os Xs e Ys, assumiu-se para este modelo que são necessários estar sempre presentes em linha, uma vez que são aqueles que são consumidos com maior regularidade, embora os materiais Y apresentem uma maior variabilidade que os X. Para garantir o seu abastecimento às linhas, foi aplicado o conceito de sistema de dupla caixa integrado com o sistema de *kanban*.

Para otimizar a rota, foi utilizada uma heurística de poupanças de Clarke & Wright. Foram aplicados de igual modo, conceitos de gestão visual para facilitar o fluxo de informação entre intervenientes no processo proposto.

4.1 Sistema puxado dupla caixa

Este sistema puxado de dupla caixa integra o conceito de *mizusumashi* com algumas particularidades. Como o próprio nome indica, para cada verniz existirão duas caixas no bordo de linha. Estas caixas cobrem as necessidades das linhas durante o *pitch time* e têm um fator de segurança de modo a cobrir a variabilidade. Quando uma caixa for consumida na totalidade, esta é recolhida pelo *mizusumashi* e no ciclo seguinte é repostada cheia. A quantidade das caixas garante um fator determinado de nível de serviço desejado, para evitar rutura de inventário. Deste modo, este sistema é tão mais fiável quanto maior o nível de serviço que a empresa esteja disposta a considerar.

Para esta proposta foram feitas duas considerações:

- O nível de serviço é 99%. Este fator reflete a estratégia da empresa em querer oferecer aos seus clientes um serviço eficiente e com qualidade, onde o nível de rutura tem de ser mínimo.
- O *pitch time* é duas horas, significa que de duas em duas horas o *mizusumashi* passa pela linha a entregar a embalagem cheia e recolhe a vazia, caso seja necessário. Este tempo foi

determinado com a soma do tempo que um empilhador demora a dar uma volta completa com um fator de preparação para a próxima volta, isto é, encher as embalagens vazias recolhidas, e com outro fator que permitisse dar liberdade a esse empilhador para desempenhar as suas tarefas diárias.

Para determinar a quantidade unitária de cada caixa, foi necessário transformar o *lead time* da procura na mesma unidade temporal do *pitch time*, isto é, transformar o consumo médio semanal e o respetivo desvio-padrão obtido através do histórico em consumo médio por turno e por hora e o seu desvio-padrão associado. O consumo médio por turno e por hora é calculado pelo consumo médio por turno calculado anteriormente sobre o número de horas de trabalho por turno. Sabendo que os trabalhadores têm 30min para almoçar e duas pausas de 15min ao longo do turno, temos como tempo útil de trabalho apenas 7 horas das 8 horas disponíveis. Aplicando a fórmula seguinte, obtemos a quantidade da embalagem a utilizar:

$$\text{Quantidade da Embalagem} = LT * \text{Consumo Médio} + \frac{1}{2}(\sigma * \text{nível de serviço})$$

A tabela seguinte mostra a quantidade da embalagem para cada verniz de acordo com cada linha, para os materiais Xs e Ys:

Tabela 9 – Quantidade da Embalagem Teórica⁶

Verniz	Linha	Consumo médio Turno/Hora	Desvio Padrão Turno/Hora	Quantidade Embalagem Teórica	Verniz	Linha	Consumo médio Turno/Hora	Desvio Padrão Turno/Hora	Quantidade Embalagem Teórica
A	3	0,240	0,942	1,576	B	9	0,780	5,258	7,676
D	3	0,036	0,153	0,250	E	9	0,384	1,643	2,679
E	3	0,036	0,120	0,212	G	9	0,036	0,252	0,365
G	3	0,048	0,208	0,338	A	10	0,132	0,800	1,194
I	3	0,012	0,055	0,088	E	10	0,060	0,219	0,375
B	4	0,492	3,166	4,666	G	10	0,000	0,022	0,025
E	4	0,516	2,048	3,415	E	14	0,036	0,197	0,301
G	4	0,048	0,329	0,478	E	15	0,024	0,088	0,150
B	5	0,480	2,520	3,891	A	16	0,096	0,471	0,740
E	5	0,528	2,136	3,541	C	16	0,012	0,022	0,049
G	5	0,048	0,318	0,466	D	16	0,048	0,164	0,287
E	6	1,032	4,513	7,314	E	16	0,060	0,208	0,362
G	6	0,240	1,534	2,264	G	16	0,036	0,219	0,327
B	7	0,564	3,922	5,690	I	16	0,024	0,088	0,150
E	7	0,204	1,249	1,861	A	17	0,336	1,358	2,252
G	7	0,024	0,099	0,163	C	17	0,036	0,099	0,187
B	8	0,528	1,775	3,120	D	17	0,192	0,635	1,123
F	8	0,084	0,340	0,563	E	17	0,108	0,427	0,713
H	8	0,156	0,526	0,924	G	17	0,132	0,843	1,245
M	8	0,036	0,252	0,365	I	17	0,096	0,318	0,562

⁶ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão

4. Aplicação da Metodologia

De forma a uniformizar as embalagens em termos de capacidades, foram selecionados 4 tamanhos únicos: 500mL, 1L, 2L e 5L. As embalagens utilizadas são de PE que garantem uma elevada resistência química, uma vez que o seu interior serão vernizes químicos.

É importante referir, que estas embalagens necessitam de ser enchidas quando se encontrarem vazias para que o sistema funcione. Ao perceber isto, foi realizada uma reunião com o departamento de Higiene e Segurança para ver se o transvazo de líquidos e pós era possível ser feito e em que condições. Percebeu-se neste momento, que por questões de segurança e viabilidade, os vernizes pó (A e B) não podiam ser transvazados. Falou-se também com a Engenharia para estudar uma solução para que este transvazo fosse possível, mas não houve resposta positiva. Sendo assim, procedeu-se à continuação do estudo unicamente para os vernizes líquidos, que de acordo com as informações dadas, têm condições para serem transvazados.

Tabela 10 – Quantidade Real da Embalagem de cada verniz⁷

Vernizes	Linha	Quantidade Real	Quantidade Teórica				
D	3	0,5	0,250	E	9	3	2,679
E	3	0,5	0,212	G	9	0,5	0,365
G	3	0,5	0,338	E	12	0,5	0,375
I	3	0,5	0,088	G	12	0,5	0,025
E	4	4	3,415	E	14	0,5	0,301
G	4	0,5	0,478	E	15	0,5	0,150
E	5	4	3,541	C	16	0,5	0,049
G	5	0,5	0,466	D	16	0,5	0,287
E	6	8	7,314	E	16	0,5	0,362
G	6	2	2,264	G	16	0,5	0,327
E	7	2	1,861	I	16	0,5	0,150
G	7	0,5	0,163	C	17	0,5	0,187
F	8	0,5	0,563	D	17	1,5	1,123
H	8	1	0,924	E	17	1	0,713
M	8	0,5	0,365	G	17	1,5	1,245
				I	17	1	0,562

Como é possível observar, não haverá embalagens de 3L, 4L e 9L, pelo que estas quantidades serão cobertas pela combinação das embalagens utilizadas. A tabela seguinte mostra a quantidade proposta em linha para este sistema de dupla caixa, e a capacidade das embalagens utilizadas para cobrir as necessidades das linhas.

⁷ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão

Tabela 11 – Quantidade e Capacidade real das embalagens de verniz em cada linha⁸

Vernizes	Linha	Quantidade em Linha Proposta	500mL	1L	2L	5L
D	3	1	2			
E	3	1	2			
G	3	1	2			
I	3	1	2			
E	4	8			4	
G	4	1		2		
E	5	8			4	
G	5	1	2			
E	6	16			3	2
G	6	4			2	
E	7	4			2	
G	7	1	2			
F	8	1		2		
H	8	2		2		
M	8	1	2			
E	9	6			3	
G	9	1	2			
E	12	1	2			
G	12	1	2			
E	14	1	2			
E	15	1	2			
C	16	1	2			
D	16	1	2			
E	16	1	2			
G	16	1	2			
I	16	1	2			
C	17	1	2			
D	17	3		3		
E	17	2		2		
G	17	3		3		
I	17	2	2			
		Total	36	16	17	2

Com a análise da tabela anterior, podemos ter uma primeira impressão dos resultados esperados. Com esta proposta, apenas necessitamos de ter em linha 78L de todos os vernizes Xs e Ys para o que este sistema funcione com 1% de probabilidade de rutura. Com esta proposta,

⁸ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

4. Aplicação da Metodologia

espera-se reduzir a quantidade de material inflamável dentro da área de produção, o que torna mais seguro esse mesmo espaço.

4.2 Sistema Kanban

Como referido anteriormente, um sistema *kanban* gera uma autorização de produção e/ou movimentação de material. Isto sugere que a produção e movimentação de material só deveria ocorrer com base na procura do cliente, através da utilização de um sistema puxado pela operação seguinte (Nawanir, Fernando, & Teong, 2018).

Nesta proposta, temos dois tipos de *kanbans*: com quantidade fixa e sem quantidade fixa. Como já identificado anteriormente, os materiais Xs e Ys estarão sempre em linha com uma quantidade já determinada. Assim, os *kanbans* dos vernizes com estas categorias servem para pedir para repor a quantidade da embalagem que fica vazia ao longo de todo o processo de produção. Neste caso, o *kanban* identifica a embalagem, o verniz, a linha e a quantidade a levar para a linha como podemos ver na figura 18, que coincide com a capacidade da embalagem cheia. Existem tantos *kanbans* com quantidade fixa como embalagens.

Referência	Descrição
J	VRNZ PRETO 818501
Linha	Descrição
3	MONTAGEM AEROSSOIS 3
Quantidade	
0,5 L	

Figura 18 – Kanban para vernizes Xs e Ys com quantidade fixa

Sempre que as embalagens ficarem vazias, são colocados em cima de um armário de proteção para produtos químicos para serem recolhidos pelo *mizusumashi*. O processo de reposição é simples: as embalagens são recolhidas, e no ciclo seguinte (2 horas) são repostas cheias. Enquanto são repostas as embalagens cheias, recolhem-se as vazias e o processo repete-se. Para os vernizes Zs, o objetivo é que, sempre que necessários, sejam pedidos na quantidade aproximada da ordem, preenchendo o *kanban* e colocando-o na mesma zona das embalagens vazias. Este *kanban* sem quantidade fixa difere do outro apenas na quantidade, uma vez que esta pode variar consoante o tipo das necessidades de cada ordem.

Referência	Descrição
J	VRNZ PRETO 818501
Linha	Descrição
5	MONTAGEM AEROSSOIS 5
Quantidade	

Figura 19 – *Kanban* para vernizes Zs com quantidade variável

Para ajudar a área de produção a entender se necessitam de pedir algum verniz Z, criou-se uma transação no MRP utilizado pela empresa, para informar os utilizadores da transação as ordens que irão necessitar de vernizes Zs para serem pedidos para abastecer, bem como a quantidade. O processo de pedido de abastecimento é simples. Diariamente a transação é utilizada pelas chefias das áreas que recebem a programação das ordens e filtram essas ordens para perceber se há algum verniz que não têm em linha que necessite de ser pedido. Caso haja, escrevem no *kanban* correspondente ao verniz a quantidade, e no ciclo seguinte, esse mesmo verniz é entregue na linha respetiva.

4.3 Embalagens

Percebendo a mecânica dos sistemas de abastecimento para os dois tipos de vernizes, é importante entender como funciona o processo de armazenamento dos vernizes. Como estado inicial, as embalagens que se encontravam na linha tinham vários tamanhos, variando dos 4,6L aos 25L. São embalagens, que enquanto estiverem cheias são pesadas. Com este sistema integrado, as embalagens reduzem significativamente de capacidade e espera-se que facilite o transporte. Estas embalagens mais pequenas, têm de estar identificadas e uma vez que se vão utilizar embalagens plásticas é necessário associar uma embalagem a um tipo de verniz para não haver mistura de vernizes, o que levaria à contaminação dos vernizes e como consequência, custos de não-qualidade. Para associar um verniz a uma embalagem, utilizando a gestão visual, foi criado um código de cores para vernizes que se encontra na figura seguinte. Por questões de

4. Aplicação da Metodologia

segurança, para cada verniz foi necessário identificar os pictogramas de perigo de cada verniz e colocá-los na embalagem para alertar dos perigos para quem a manusear.

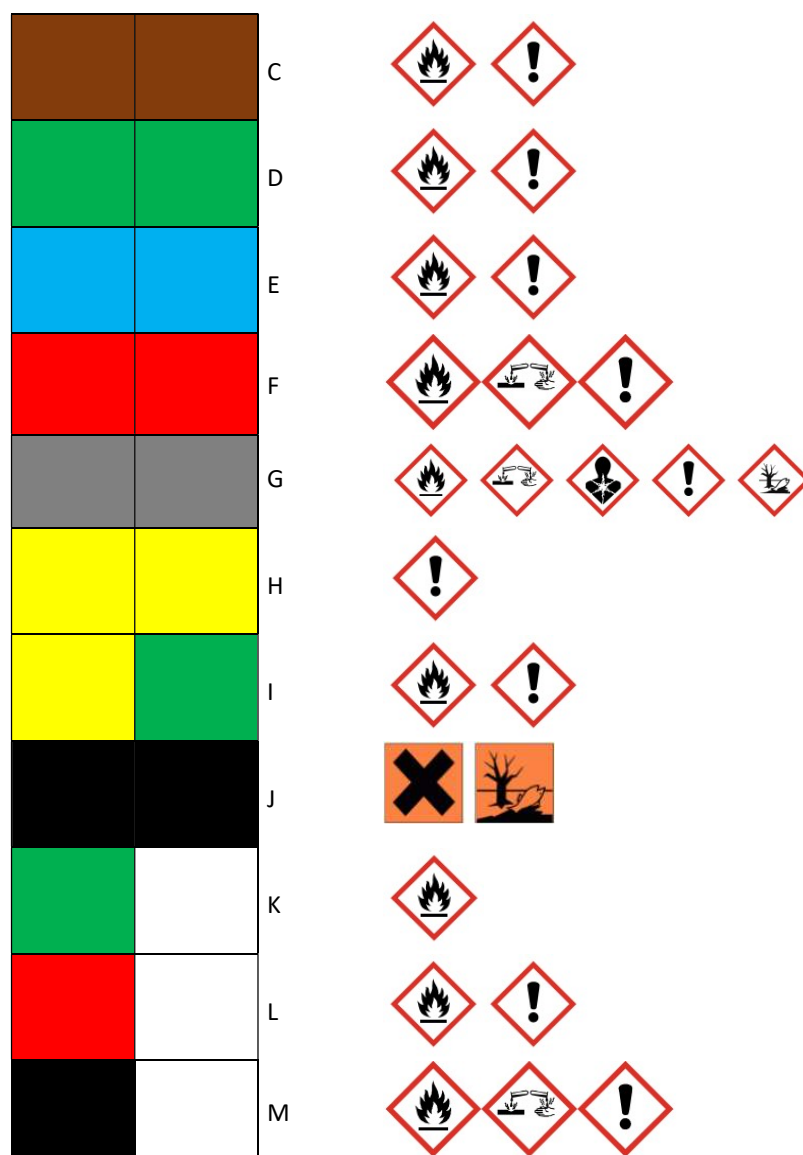


Figura 20 – Código visual de identificação de vernizes e respectivos pictogramas de perigo

Todas as embalagens, deste modo, são compostas por 3 elementos:

1. Cor de acordo com o verniz;
2. *Kanban*, que identifica a quantidade, a linha e descrição do verniz;
3. Pictogramas de perigo.

De igual modo aos *kanbans*, também vamos ter dois tipos de identificação de embalagem. A primeira embalagem (figura 22, associa-se aos vernizes Xs e Ys que têm de estar sempre em linha). Para este caso, a embalagem é revestida por duas tiras de cor para identificar o verniz

que armazena, pelo *kanban* inserido na própria embalagem com a cor que identifica o verniz e com os pictogramas de perigo. A segunda embalagem, Figura 21, como só é necessário usar sempre que pedido pela produção, difere da anterior pelo simples facto de não possuir o *kanban* integrado na embalagem. Assim, a embalagem fica dedicada a um verniz e não a uma linha, podendo ser utilizada consoante as necessidades em várias linhas. O *kanban* usado para pedir o verniz na quantidade necessária é posteriormente anexado à embalagem e quando for totalmente consumido, a embalagem retorna ao ponto de origem e o *kanban* volta ao *cell-leader* responsável por essa linha em questão.

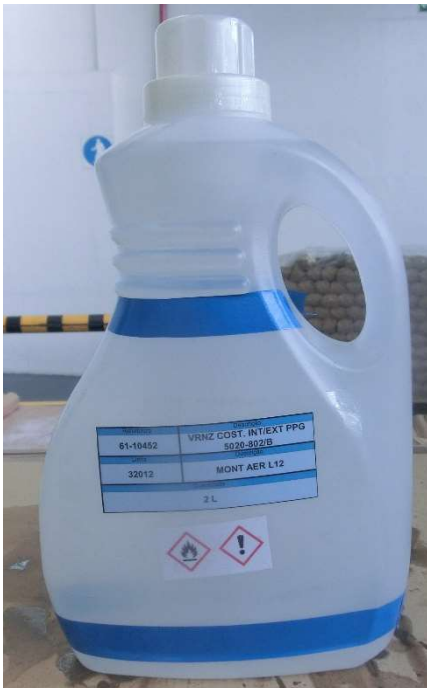


Figura 22 – Embalagem Vernizes Xs e Ys com *kanban* de quantidade fixa incorporado na própria embalagem

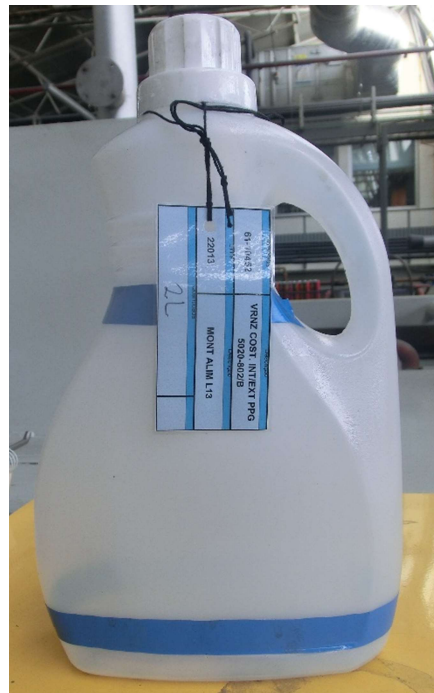


Figura 21 – Embalagem Vernizes Zs com *kanban* que identifica a linha e a quantidade necessária

4.4 Supermercado

Inicialmente, os vernizes a ser utilizados encontram-se num armazém de produtos químicos e vão para as linhas em grandes quantidades. Com este sistema, a quantidade a entregar à linha por parte do *mizumashi* é rápido e sem perdas de verniz durante o processo. Para tal, pensou-se num supermercado de vernizes dentro do próprio armazém de vernizes, em que os recipientes contivessem torneiras para facilitar o transvazo e minimizar perdas de verniz. Estes recipientes de verniz estariam em suportes de extração que permitam uma inclinação para facilitar todo o processo. Quando acabassem, seriam rapidamente substituídas por embalagens novas e o processo repetia-se sempre que uma embalagem ficasse vazia.



Figura 23 -Suporte de extração de vernizes
(Fonte: manutan.pt)

Deste modo, conseguiríamos providenciar às linhas as embalagens na quantidade que precisam e com uma flexibilidade considerável.

Foi feita uma análise para entender se a quantidade unitária por verniz é adequada, ou se se pode redimensionar a embalagem a colocar no suporte de extração, tabela 12.

Tabela 12 - Turnos de posse da embalagem de cada verniz⁹

Verniz	Consumo Médio/Turno	Quantidade Embalagem	SoH
C	0,401	4,8	11,962
D	2,505	24	9,579
E	27,995	22,5	0,804
F	2,375	24	10,107
G	5,622	22	3,913
H	3,056	20	6,545
I	1,185	22	18,560
J	0,070	25	357,347
K	0,036	30	841,751
L	0,059	20	336,700
M	0,286	25	87,278

Analisando a tabela 12, facilmente se percebe que há embalagens que podem ser aumentadas e outras que podem ser reduzidas. Nos casos dos vernizes K e L, estes são muito usados na Litografia, pelo que sempre que sejam necessários um empilhador desloca-se a esta área, enche uma embalagem e transporta o verniz para a linha em necessidade. Neste caso, a quantidade

⁹ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

da embalagem representa um *jerrican*, armazenados nos armazéns de vernizes junto às linhas do *Packaging*. O seu consumo é muito baixo, pelo que o sistema de *kanban* sem quantidade fixa iria ajudar a eliminar o excesso de inventário nas linhas, uma vez que são materiais Zs, consultando o Anexo II. O benefício de ter um armazém central de vernizes, faz com que seja possível diminuir a quantidade de vernizes na fábrica e levar apenas o necessário quando requisitado. Se uma linha necessitasse de usar um tipo de verniz, era entregue nessa linha a embalagem inteira, mesmo que só fosse necessário utilizar 2L. A embalagem permanecia em linha até que terminasse. Em termos de informação correta em tempo real, os supermercados são uma melhor prática se se centralizarem os vernizes, pois passamos de várias embalagens espalhadas pela fábrica para uma única embalagem que abastece todas as linhas assim que necessário, diminuindo a incerteza da quantidade realmente existente e aumentando a fiabilidade do sistema informático.

4.5 Otimização da Rota do *Mizusumashi*

Tendo identificado oportunidades de melhoria relativamente ao processo de abastecimento de vernizes através da introdução dos conceitos de *mizusumashi*, de sistemas puxados com dupla caixa e *kanbans*, de modo a otimizar o inventário em linha e garantir que os vernizes em linha são aqueles que sempre necessário se encontram no local certo e na quantidade certa, foi estudada uma rota de modo a minimizar os custos de movimentação de material.

Para isso foi aplicada a heurística de poupanças de Clarke & Wright com este propósito mencionado anteriormente. Para aplicar esta heurística, precisou-se de criar a matriz das distâncias entre as linhas, para aplicar a fórmula dos *savings*. A figura seguinte, mostra uma representação sem detalhe do *layout* da fábrica onde estão assinalados os pontos de recolha dos vernizes para cada linha. O ponto de recolha (junto à zona de utilização do verniz) não é o ponto de armazenamento, uma vez que o ponto de armazenamento pode ser comum a várias linhas.

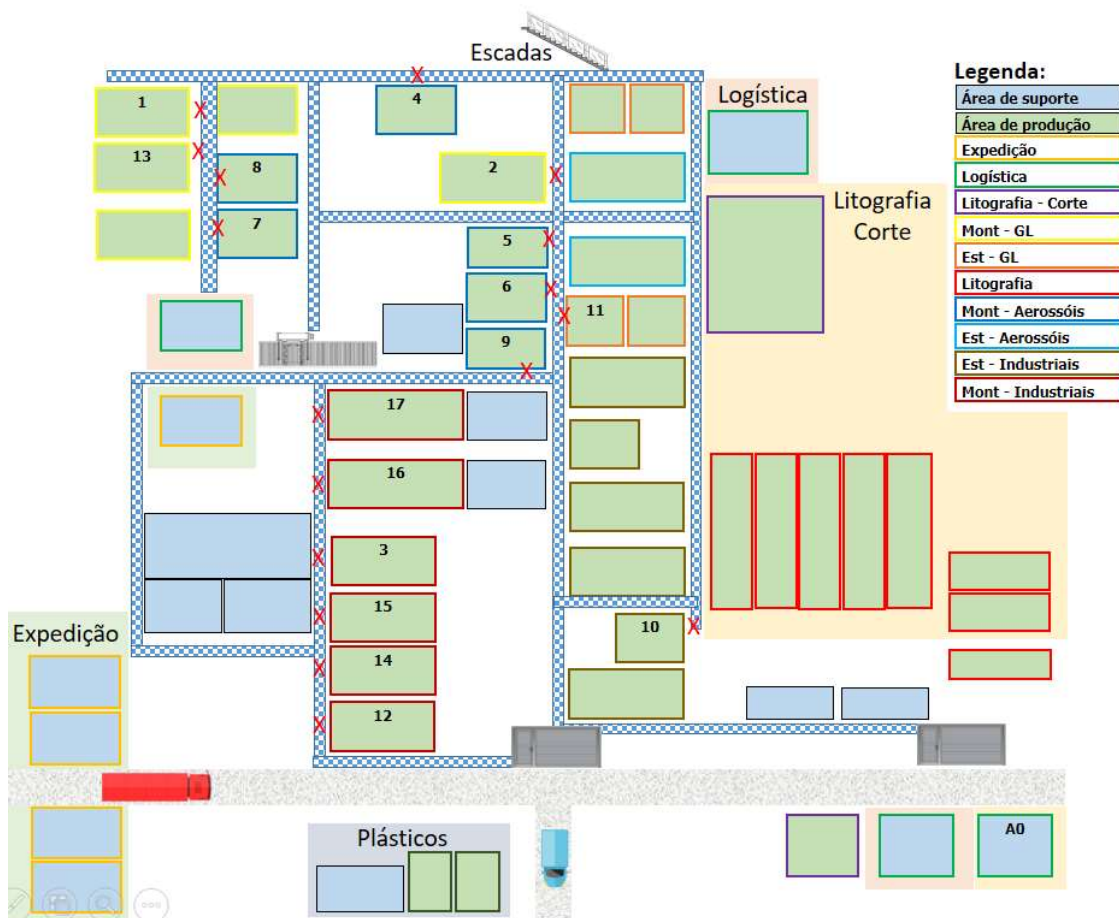


Figura 24 – Representação sem escala do layout da fábrica e assinalamento

Para criar a matriz de distâncias, devido às imensas possibilidades, por convenção, criou-se uma chave para orientar o sentido do movimento. Do ponto de origem, se se deslocar no sentido dos ponteiros do relógio, atribui-se um “D” ao número da linha. Caso contrário, um “E” que representa o caminho seguindo o sentido anti-horário. Sempre que se encontrar uma bifurcação e essa for a bifurcação que garanta os caminhos mais curtos possíveis, o caminho que seguir o sentido dos ponteiros do relógio até ao destino, atribui à descrição um “1”, caso contrário é atribuído um “2” (sentido anti-horário). Com exceção dos trajetos intra ilhas (ilha 1 – linhas 17,16, 3, 15, 14, 12; ilha 2 – 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13), considera-se um circuito fechado, pelo que só é considerado o caminho da bifurcação mais curta como podemos verificar na seguinte figura. O circuito XXE1 é igual ao XXE2, e o XXD1 igual ao XXD2. Como a matriz tem de ser simétrica, o ponto de destino é sempre igual.

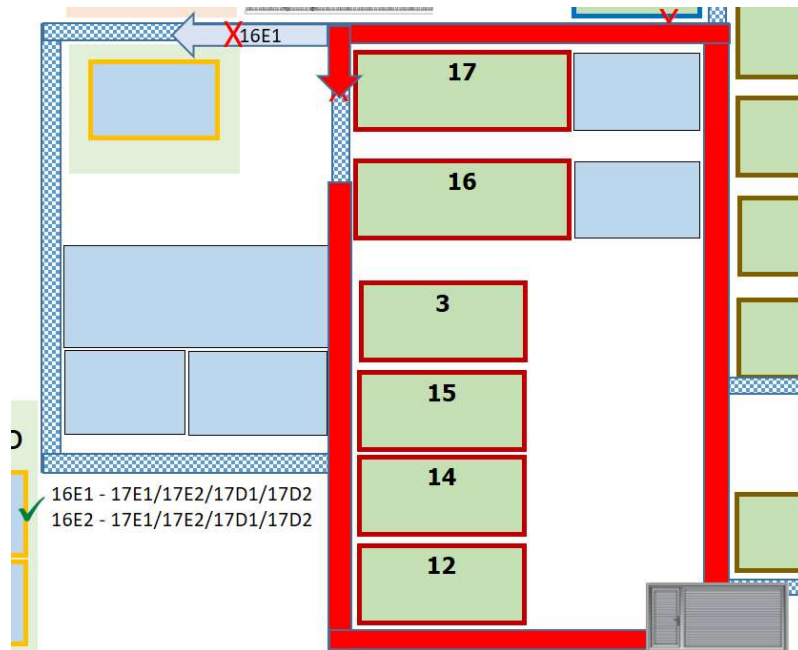


Figura 25 – Distância intra ilhas

Temos assim 4 caminhos diferentes que podem ser tomados pelo *mizusumashi* como podemos ver na figura seguinte.



Figura 26 -Circuito 2D2/ Circuito 2D1 / Circuito 2E2/ Circuito 2E1 até linha 17

Através de todas as combinações possíveis de circuitos entre ponto de origem até ao ponto de chegada consoante a orientação escolhida, obteve-se uma matriz 73 X 73, onde o A0, representa o armazém dos vernizes, de onde tem de começar e terminar a rota. As distâncias representam a medição em cm de uma planta numa escala de 1:200.

Tendo obtido a matriz das distâncias, calculou-se todas as poupanças e procedeu-se à aplicação da heurística de Clarke & Wright. O circuito com maior poupança é: A0 – 13E2 – A0. A partir daí, identificou-se todas as possibilidades de circuitos que acabam no ponto 13E2 e que começam nesse mesmo ponto, identificando o trajeto com maior poupança e adicionando à rota. O processo repetiu-se até todos os pontos pertencerem à rota que otimiza o deslocamento. Este

4. Aplicação da Metodologia

processo foi todo realizado em Excel, sendo a filtragem feita manualmente e tendo o resultado sido o seguinte:

A0 – 12D – 14D – 15D – 3D – 16D – 17D1 – 7D – 8D – 13D – 1D – 4D – 2D – 5D – 6D – 11D – 9D1 – 10D2 – A0

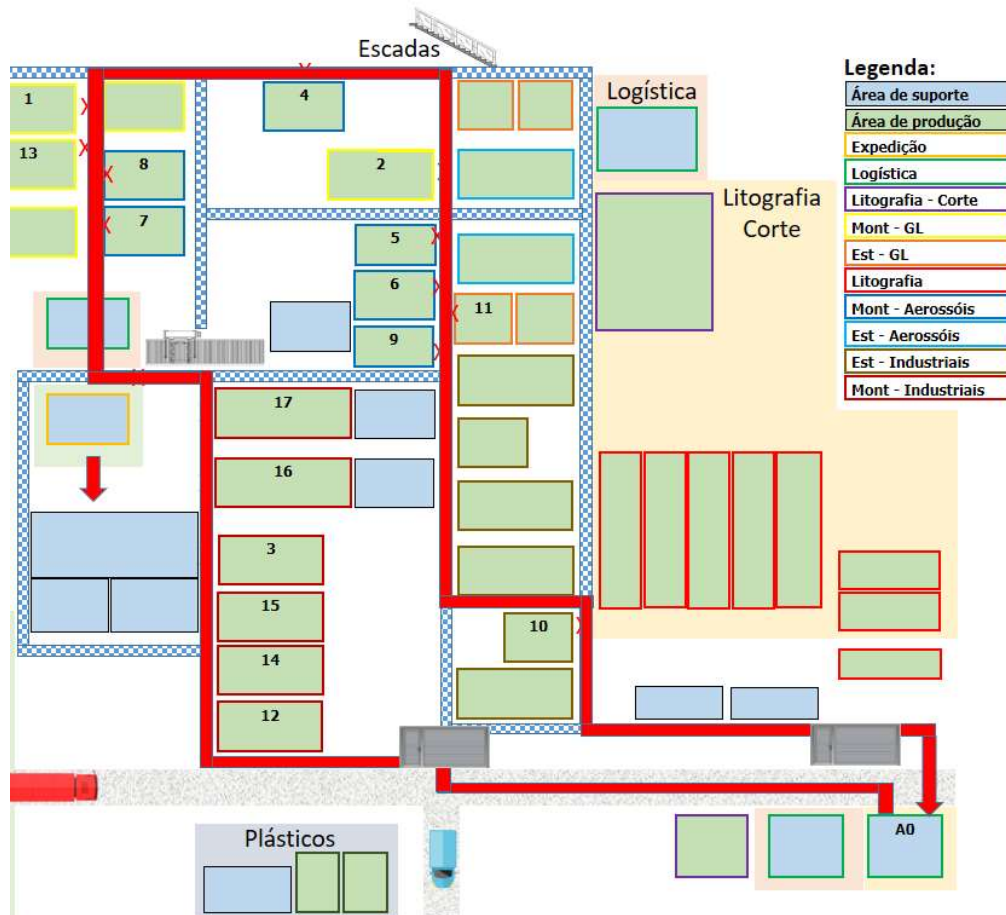


Figura 27 – Rota resultante da heurística aplicada que minimiza o custo de transporte e deslocação

A rota proposta pela heurística apresenta um custo de 267,8 cm, que representa uma deslocação de 535,60 m ao longo de toda a planta industrial, começando no armazém dos vernizes, passando em todas as linhas para satisfazer as suas necessidades, e terminando nesse mesmo armazém, onde se procede ao enchimento das embalagens.

Tendo em conta esta rota e medindo em ambiente real, percebeu-se que o tempo para percorrer este percurso equivale a 5 minutos. Ainda neste ciclo teriam de ser enchidas as embalagens vazias o que equivaleria a 3 minutos, sendo esse processo o mais otimizado possível como já referido e 2 min de folga para que o responsável pelo transporte dos vernizes pudesse recolher e entregar as embalagens nos armários respetivos.

5. Resultados e Discussão

Para perceber os resultados da implementação da proposta de otimização de inventário de vernizes no bordo de linha e do sistema puxado de abastecimento, foram feitas simulações e um teste em ambiente real. As discussões desses resultados encontram-se neste capítulo.

5.1 Simulação

Nesta subsecção refere-se um simulador que foi desenvolvido em linguagem VBA, com o objetivo de prever o comportamento do sistema de abastecimento puxado proposto para os vernizes Xs e Ys, uma vez que estes se encontram sempre em linha. Para isso, o que este simulador pretende apurar, é o número de embalagens a recolher em cada volta.

Para cada verniz de cada linha, são gerados valores aleatórios de acordo com a transformação do consumo histórico semanal em consumo por hora e respetivo desvio-padrão. Assumiu-se sempre, que o comportamento dos vernizes seguia uma distribuição normal. Assim, os valores gerados representam o consumo durante um ciclo de duas horas (*pitch time* proposto anteriormente) e seguem a seguinte distribuição normal:

$$N(\mu = \text{consumo médio hora} ; \sigma = \text{desvio padrão consumo médio hora})$$

Estes valores estão limitados entre 0 e a semana com maior consumo anual, convertida em procura média hora (MAX). A figura seguinte clarifica esta conversão.

Tabela 13 – Consumo MAX numa semana para uma linha e um verniz¹⁰

Mat	E						
Linha	2						
1714	13,698	1740	4,389	1727	0,000	1801	9,784
1715	0,000	1741	11,100	1728	6,849	1802	11,616
1716	6,715	1742	0,000	1729	2,619	1803	3,357
1717	0,000	1743	0,000	1730	0,000	1804	20,278
1718	3,424	1744	0,000	1731	0,000	1805	12,377
1719	13,698	1745	4,029	1732	0,000	1806	3,424
1720	2,192	1746	5,477	1733	0,000	1807	5,237
1721	2,316	1747	1,765	1734	3,339	1808	2,447
1722	0,000	1748	7,017	1735	0,000	1809	6,821
1723	1,276	1749	3,424	1736	0,000	1810	0,000
1724	0,000	1750	6,849	1737	0,000	1811	0,000
1725	0,791	1751	6,058	1738	0,000	1812	10,981
1726	0,000	1752	0,000	1739	2,505	1813	10,273

¹⁰ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

Tendo identificado a semana com maior consumo, procedeu-se ao que já foi feito anteriormente – a conversão de consumo semanal em consumo por hora. Tem-se assim o intervalo de valores gerado pelo simulador aleatoriamente tendo sempre em conta os aspetos mencionados.

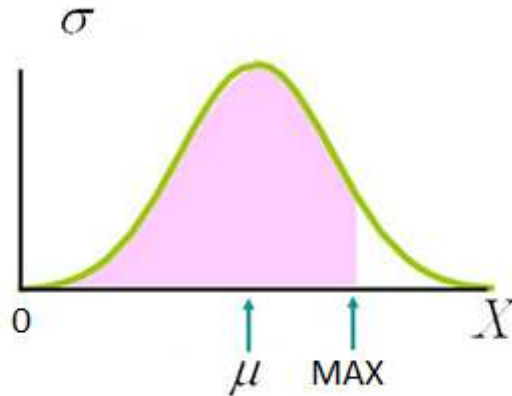


Figura 28 – Intervalo de valores gerados aleatoriamente
(Adaptado de: <http://slideplayer.com.br/slide/8270944/>)

Este simulador faz a simulação do sistema de abastecimento puxado de dupla caixa, pelo que a “QTD Uni” utilizada é a que resultou da aplicação da fórmula de George et al. (2005). É importante perceber que a quantidade em linha inicial deste sistema corresponde a duas embalagens, ou seja, a duas vezes a quantidade da variável “QTD Uni”.

O valor gerado (variável A) representa o consumo numa hora pelo que se multiplica pelo *pitch time* para saber o consumo nesse ciclo. O consumo no final do ciclo corresponde à quantidade inicial na linha subtraído pelo consumo durante o ciclo (A). Sempre que uma embalagem ficar completamente vazia (variável p), no ciclo seguinte são adicionadas p embalagens à quantidade em linha. Para determinar o valor de p, foi desenvolvida a seguinte heurística:

$$QTD_{inicial} = \frac{QTD_{linha}}{QTD_{uni}} ; QTD_{consumida} = \frac{A}{QTD_{uni}}$$

A variável “QTDinicial” corresponde ao número de embalagens existentes na linha. O mesmo acontece com a variável “QTDconsumida”, que corresponde à quantidade de embalagens que serão necessárias pedir no ciclo seguinte.

$X1 = \text{parte unitária de } QTD_{inicial}$

$X2 = \text{parte decimal de } QTD_{inicial}$

$Y1 = \text{parte unitária de } QTD_{consumida}$

$Y2 = \text{parte decimal de } QTD_{consumida}$

Tendo em atenção às variáveis X1, X2, Y1 e Y2 é possível obter o número de embalagens vazias num ciclo (p). Existem duas exceções para os valores de X2:

Tabela 14 – Valores de X2 excepcionais

Condição	Valor de X2
" $X2=0$ & $QNT_{inicial} > QTD_{consumida}$ "	1
" $X2=0$ & $QNT_{inicial} < QTD_{consumida}$ "	0

Tendo percebido os valores das quatro restrições anteriores, pode-se agora determinar o valor de p.

Tabela 15 – Valores de p de acordo com a heurística desenvolvida

Condição	Valor de p
" $X2 - Y2 > 0$ "	$Y1$
" $X2 - Y2 \leq 0$ "	$Y1 + 1$

Para melhor entender estas variáveis analisemos o seguinte exemplo:

A quantidade em linha no início do ciclo são 2,5 embalagens e que são consumidas nas duas horas do ciclo 1,8 embalagens. Assim temos que:

$$X1 = 2; X2 = 0,5; Y1 = 1; Y2 = 0,8.$$

Como $X2 - Y2 \leq 0$, então p toma o valor de $Y1 + 1$, ou seja $1 + 1$, correspondente a duas embalagens que ficaram vazias durante o ciclo. Este valor faz sentido uma vez que primeiro é gasto a quantidade decimal da embalagem no início do ciclo. Após isso consome-se uma embalagem inteira, faltando uma pequena parte, pelo que se terá de utilizar uma nova embalagem. Esta embalagem não foi consumida na totalidade pelo que não é considerada como necessária para pedir abastecimento para o ciclo seguinte.

A figura seguinte mostra parte da tabela de informação da *interface* de introdução de dados. A tabela completa pode ser consultada no Anexo III.

Tabela 16 – Dados a introduzir no interface do simulador¹¹

Linha	Material	Mean	STD	max Mes	QTD Uni
C	16	0,01	0,02	0,01	0,50
C	17	0,04	0,10	0,06	0,50
D	3	0,04	0,15	0,20	0,50
D	16	0,05	0,16	0,11	0,50
D	17	0,19	0,64	0,38	1,50
E	3	0,04	0,12	0,12	0,50
E	4	0,52	2,05	1,21	4,00
E	5	0,53	2,14	1,40	4,00
E	6	1,03	4,51	2,92	8,00
E	7	0,20	1,25	0,94	2,00
E	9	0,38	1,64	0,83	3,00

Para cada verniz e cada linha, sempre que for necessário levar p embalagem no ciclo seguinte é assinalado com um número correspondente ao valor de p para esse mesmo ciclo. Deste modo podemos analisar os dados e contar o número de embalagens levadas em cada volta.

Tabela 17 – Output simulador. Dígito 1, indica que foi recolhida embalagem vazia.

	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	3,00	3,00	6,00	2,00	3,00
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
7	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1
8	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
9	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
14	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
18	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0

¹¹ Para garantir a confidencialidade, a estes números foi aplicado um valor de conversão.

5. Resultados e Discussão

Para tornar o simulador mais robusto, ficou definido que existiriam 300 ciclos. A figura anterior mostra apenas 20 *loops*, para apenas 11 vernizes de várias linhas. Foi executado o simulador com os dados de todos os vernizes e linhas e tratou-se os dados do *output* do programa. Os resultados foram os seguintes:

Tabela 18 – Resultado após tratamento do *output* (percentagem de transporte de embalagens para cada ciclo de duas horas)

	0,5 L	1 L	2 L	3 L	6 L
0	10%	50%	71%	57%	79%
1	25%	39%	26%	37%	21%
2	31%	10%	3%	5%	0%
3	20%	1%	0%	1%	0%
4	11%	0%	0%	0%	0%
5	3%	0%	0%	0%	0%
6	1%	0%	0%	0%	0%
7	0%	0%	0%	0%	0%
8	0%	0%	0%	0%	0%
9	0%	0%	0%	0%	0%
10	0%	0%	0%	0%	0%

Com esta informação, podemos entender que tipo de capacidade é necessária para fazer o abastecimento às linhas. Aplicando a regra 80/20 para cada embalagem percebe-se que é necessário garantir o transporte de 3 embalagens de 0,5L, 1 embalagens de 1L, 1 embalagem de 2L, 1 embalagem de 3L e 1 embalagem de 6L, tendo um peso total de 19Kg + peso das embalagens (considerando que os vernizes têm uma densidade igual a 1). Foi criado assim, um carrinho de apoio ao *mizusumashi* para transportar as embalagens sempre que assim fosse necessário

5.2 Teste em ambiente real

Com o objetivo de testar o sistema aqui proposto, procedeu-se a uma semana de testes, onde foi aplicado esta proposta. Para isso foram envolvidos os *cell-leaders* (Aerossóis e General Line) que receberam formação sobre como e quando usar a transação criada para identificar as ordens que necessitam de vernizes Zs, bem como o preenchimento dos *kanbans*. Envolveram-se também 3 colaboradores para serem o *mizusumashi* assegurando os 3 turnos para que fosse possível executar o teste.

Após comunicar com todos os intervenientes, procedeu-se à substituição das embalagens do bordo de cada linha, pela quantidade proposta pelo modelo dos vernizes Xs e Ys. A figura

Redução do inventário no bordo de linha – Sistema puxado para vernizes numa indústria de embalagens

seguinte mostra as embalagens identificadas e cheias, antes de serem colocadas nas linhas, bem como o carrinho de apoio ao transporte das embalagens.



Figura 29 – Novas embalagens para substituir no bordo de linha e carro de apoio ao transporte

As seguintes figuras mostram alguns exemplos do impacto na redução em espaço e quantidade de vernizes no bordo de linha.



Figura 30 – Antes e depois da substituição de Vernizes I



Figura 31 – Antes e depois da substituição de Vernizes II



Figura 32 – Antes e depois da substituição de Vernizes III

Em cada ciclo, o colaborador do *mizumashi* entregava as embalagens cheias, recolhia as embalagens vazias e enchia-as de uma forma muito convencional que foi utilizada somente para efeitos de teste do sistema, uma vez que não era um fator crítico que pusesse em causa o êxito do processo. O *mizumashi*, também apontava sempre a linha e o verniz, bem como a quantidade da embalagem recolhido. Assim foi possível obter informação para fazer uma análise e comparar com o resultado do simulador.

A tabela seguinte mostra o resultado obtido em termos de otimização de inventário no bordo de linha, bem como a comparação do antes e do depois da semana de testes.

Tabela 19 – Comparação do estado inicial com a quantidade necessária utilizada durante a semana de testes, para o sistema puxado funcionar

Verniz	Antes	Depois	% Redução	UM
C	58	2	97%	L
D	48	5	90%	L
E	157,5	49	69%	L
F	120	1	99%	L
G	40	14	65%	L
H	80	2	98%	L
I	22	4	82%	L
J	12	0	100%	L
K	14	0	100%	L
L	9	0	100%	L
M	45	1	98%	L

Ao analisar a tabela anterior, percebe-se a magnitude da poupança de vernizes e a quantidade que efetivamente é necessária ter em linha para que as linhas não parem tendo em conta o *pitch*

time proposto de duas horas. Esta poupança retrata uma redução em 87% da quantidade em linha e uma redução de 85% dos custos de inventário dos vernizes líquidos em linha.

Além do referido anteriormente, fez-se um registo do número de embalagens transportadas por ciclo. É importante referir que neste teste em ambiente real, foram utilizadas as embalagens propostas, como mostra a Tabela 11, e não as teóricas. O resultado no final do teste nos três dias durante 5 dias foi o seguinte:

Tabela 20 – Resultados dos testes em ambiente real

	0,5 L	1 L	2 L
0	50%	59%	48%
1	4%	13%	30%
2	22%	28%	15%
3	9%	0%	2%
4	15%	0%	4%

5.3 Discussão

Quando se testou este sistema de abastecimento com as quantidades de verniz já mencionadas, havia um receio de parar as linhas por falta de verniz. A verdade é que isso, ao longo de toda a semana não aconteceu. Percebeu-se nessa semana, que os operadores das linhas, em alguns casos, usavam as duas embalagens de verniz para encher o depósito, para não ter de o fazer muitas vezes. Na maioria das vezes, eram recolhidas duas embalagens iguais do mesmo verniz na mesma linha porque os operadores não queriam usar uma que satisfazia as suas necessidades, mas sim as duas porque estavam habituados a fazer verniz sem qualquer tipo de controlo. Muita das vezes, tinham de preparar verniz para 2 ou 3 turnos, o que levava a que no bordo de linha se encontrassem aquelas quantidades enormes de verniz. Isto justifica o porquê do elevado número de viagens em vazio (12 de 46 viagens), pois a segunda embalagem utilizada poderia ser necessária abastecer no ciclo seguinte e foi abastecida em antecipação.

Além disso, foi identificada uma restrição que não tinha sido detetada. O verniz M tem de ser formulado na quantidade para a ordem, se for misturado a meio, não se garante a uniformidade das propriedades do verniz durante a produção (o brilho não é igual, nem a viscosidade). Acontece que este verniz só é X e Y na linha 8, pelo que existe sempre em linha 1L (2 embalagens de 0,5L – consultar Anexo III). Quando houver uma ordem grande de 1,5L (*worst case scenario*), não haverá verniz para fazer a formulação. O que se fez, foi para este caso em particular aumentar a quantidade unitária de 0,5L para 1L, passando a haver em linha 2L. Este problema não aconteceu em mais nenhuma linha.

Outro problema detectado durante esta semana foi o tipo de depósito de verniz. Ao longo de todas as linhas, existiam diversos sistemas de armazenamento e de aplicação de verniz. Uns eram mais práticos, outros envolviam parar a linha para encher um depósito. A quantidade do depósito também não é a mais adequada, uma vez que se trata de depósitos de 20L. Para linhas de baixo consumo, esta quantidade pode dar uma cobertura de uma 1 a 2 meses. É uma situação que se quer evitar com a implementação deste sistema. Houve algumas linhas com este tipo de armazenamento que não necessitaram de usar uma única vez verniz durante a semana, por essa mesma razão. O depósito estava cheio e não necessitaram de abastecimento, embora as embalagens se encontrassem no bordo de linha como combinado com as chefias da área.

Tudo o que foi mencionado justifica a grande diferença significativa entre o *output* do simulador e a realidade. Sabemos também que num caso perfeito, os resultados não seriam exatamente os mesmos aos obtidos. O *output* serviu para orientar no comportamento das linhas para permitir estimular o conhecimento da organização da empresa numa zona com pouca sensibilidade. Foi feita uma média do tempo em que o *mizumashi* levava a dar uma volta completa e percebeu-se que em média, esse tempo era 10 minutos o que libertava muito tempo para encher as embalagens e para fazer outras tarefas da sua responsabilidade.

A fase de testes serviu para levantar problemas e oportunidades de melhoria antes da implementação da proposta. De modo a obter esse *feedback* por parte dos intervenientes dos testes, foram abordados e recolheram-se as suas opiniões e sugestões. A maioria dos colaboradores das linhas demonstrou uma grande satisfação sobre o fato das embalagens serem mais pequenas e de facilitar o transporte e enchimento dos depósitos (fator positivo de ergonomia). Outros diziam que as quantidades não chegavam para nada, que se tinha de estar sempre a fazer verniz. A verdade é que as linhas nunca pararam por falta de verniz, o que mostra que é uma questão de paradigma. Relativamente às sugestões de melhoria, foram dadas duas pelos colaboradores das linhas que foram os que mais lidaram com o efeito do teste deste sistema: Uniformização do sistema de aplicação de verniz e embalagens compatíveis com o sistema de aplicação de verniz.

Quanto à uniformização do sistema de aplicação de verniz, os colaboradores queixavam-se que o método da linha X era melhor e que aquele desperdiçava muito verniz e que muitas das vezes estragava o tapete transportador. Sugeriram assim, que o sistema de aplicação de verniz fosse igual em todas as linhas se assim compatíveis com o processo.

O método de armazenamento do verniz antes de ser processado era também diferente. Como já foi mencionado, em alguns casos, são armazenados em depósitos pressurizados de 20L, outros são armazenados em estruturas de 10L colocados sempre que necessário (o que fazem

é encher até cima e ir controlando) e noutras linhas, os vernizes são aplicados num recipiente de 2L, que é cheio várias vezes num turno. A sugestão de melhoria proposta foi: “em vez do verniz vir nesta embalagem de 2L, podia já vir numa embalagem igual à que usamos na linha e assim era só substituir. Assim não tínhamos de encher esse depósito”.

O pedido de vernizes Zs ocorreu duas vezes durante o período de testes e o resultado foi positivo, quando necessitaram do verniz ele encontrava-se na linha. Porém, há sempre coisas a melhorar nomeadamente o sistema de transvaze que tem de ser igual ao proposto no capítulo 4, e não como foi feito (método convencional, pouco viável futuramente).

Com o teste em ambiente real, percebeu-se que este sistema funciona, e traz bastantes melhorias no que toca a ergonomia das pessoas nas linhas, na segurança por se tratarem de produtos químicos, em termos de custo de inventário e espaço em linha e por último, mas não menos importante, o aumento da fiabilidade dos *stocks* nos sistemas informáticos utilizados pela empresa.

6. Conclusão e trabalho futuro

O desafio lançado que deu origem a este projeto, tinha como objetivo a otimização de inventário no bordo de linha. Para tal, foi feita uma primeira análise que resultou numa segunda análise mais detalhada. Na primeira percebeu-se que as quantidades em fábricas não estavam otimizadas e que o potencial de melhoria era enorme. Na segunda fase, procurou-se entender quais os materiais com maior potencial de melhoria. Identificando os vernizes, estudou-se os comportamentos destes ao longo de um ano para poder classificá-los em ABC e XYZ de acordo com a sua quantidade total consumida e a sua variação do consumo ao longo de todo o ano, e verificou-se o elevado impacto que uma pequena melhoria podia trazer à organização.

Consequentemente, com o objetivo de atingir o objetivo proposto, chegou-se à conclusão que o estudo de um *mizusumashi* com sistema puxado poderia levar a atingir essa meta. De facto, de um modo geral, de acordo com a percepção fundamentada durante a fase de testes em ambiente real este sistema viria a resolver a questão em termo de inventário em linha. Iríamos ter sempre em linha a quantidade necessária (duas embalagens – sistema dupla caixa) para a linha não parar relativamente aos vernizes categorizados como X e Y, e os vernizes com baixa utilização anual, seriam pedidos mediante as necessidades das ordens diárias das linhas com a utilização de *kanbans* que identificam a linha, o verniz e a quantidade a levar à linha. Para estes vernizes Zs, foi feita uma transação num MRP com o objetivo de dar visibilidades aos líderes das áreas produtivas, relativamente às ordens e à quantidade destes vernizes Zs que devem ser pedidos para abastecer cada linha.

Durante um período de duas horas, o *mizusumashi* percorreria todos os pontos de reposição de acordo com a rota resultante da aplicação da heurística de poupanças de Clarke & Wright, e recolheria as embalagens vazias e os *kanbans* se assim fosse necessário, e entregava as embalagens cheias. Ainda nesse ciclo, era responsável por encher as embalagens vazias, e repetia o ciclo nas duas horas seguintes, sendo que tinha 10 minutos para efetuar a rota e o restante tempo para realizar as suas tarefas diárias.

Esta proposta aumenta o número de movimentações por parte da logística face ao estado atual, uma vez que só transportam vernizes duas vezes por semana em quantidades desalinhas com as necessidades das linhas levando ao excesso de inventário em linha. Contudo viu-se que em cada rota há tempo útil para o *mizusumashi* aplicar em tarefas da sua responsabilidade, o que não se torna um fator negativo em termos de implementação. Contudo, para este sistema funcionar e ajudar a logística, o supermercado de vernizes tem de ser o mais eficiente possível de modo a permitir o transvazo de verniz de modo rápido e seguro, sem derrames. Para isso,

aumentar o tamanho da embalagem do fornecedor consoante o consumo do verniz, suportadas por sistemas de extração de verniz.

As principais dificuldades neste projeto, diziam respeito relativamente ao verniz pó. Não havia maneira de diminuir o tamanho das embalagens de verniz por parte dos fornecedores, nem de mudar o modo como este era consumido na linha. O método usado para o transvazo foi muito convencional não tendo afetado o sucesso do projeto, mas a ser implementado, teria de ser noutras condições como já foi referido. A mudança de mentalidade e de paradigmas tornou-se o maior obstáculo. Embora tenha havido um esforço para envolver todas as pessoas na semana de testes, havia sempre colaboradores que não queriam mudar a maneira como faziam as coisas, e isso levou a que o sistema não funcionasse na perfeição, mas mesmo assim o desempenho global é muito satisfatório.

O sistema de abastecimento puxado mostrou-se robusto e capaz de responder a todas as adversidades inesperadas. O próximo passo para tornar este sistema mais rentável para a produção, passaria pelo aumento das embalagens para um maior *pitch time*. Deste modo, a produção não teria de fazer os vernizes com tanta frequência e resolveria uma das queixas recebidas pelos colaboradores, embora considerem que ter embalagens mais pequenas é muito benéfico e proporciona vantagens no seu trabalho diário. Em termos de segurança, a redução de vernizes no interior da área de produção tornou-se um fator que suportou o interesse neste projeto, uma vez que estes produtos têm propriedades químicas perigosas. No geral, o *feedback* dos operadores durante a fase de testes de uma semana, foi muito positiva o que demonstra que este sistema tem potencial e se pode estender a outro tipo de materiais. Haverá um ponto em que o *mizusumashi* em vez de recolher e entregar só vernizes, numa volta também abastece as linhas com material de embalamento, olhais e outros materiais utilizados nos processos.

Além do impacto no bordo de linha demonstrado, o impacto no armazém e no processo de compras é notório. Passará a haver um maior controlo, pois o supermercado de vernizes será o único ponto de abastecimento das linhas, contrariamente ao que acontecia quando os vernizes se encontravam espalhados pela fábrica e nunca se sabia ao certo que quantidade havia em cada embalagem. Havendo só uma embalagem de cada verniz que alimenta todas as linhas, esse problema fica resolvido. Consequentemente, as compras sabem sempre exatamente quando comprar e na quantidade necessária de acordo com as necessidades. Cada vez mais, há a necessidade das empresas reduzirem custos para se tornarem competitivas. Uma das alternativas que estas têm é garantir que têm sempre apenas o que necessitam e garantir que nunca falhe. Neste âmbito, este projeto vem contribuir para ajudar as empresas que possuem

6. Conclusão e trabalhos futuros

uma quantidade no bordo de linha desproporcional às suas necessidades através de um sistema puxado em que as ordens dos clientes é que vão dizer que materiais vão ser necessários consumir.

7. Referências

- Al-Mudimigh, A. S., Zairi, M., & Ahmed, A. M. M. (2004). Extending the concept of supply chain: The effective management of value chains. *International Journal of Production Economics*, 87(3), 309–320. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.004>
- Christopher, M. (2011). *LOGISTICS & SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*.
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, 12(4), 568–581. <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in Logistics & Supply Chains*. (M.-H. Education, Ed.).
- Cordeau, A. J., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J., Semet, F., Cordeau, J., ... Semet, F. (2016). Linked references are available on JSTOR for this article :, 53(5), 512–522. <https://doi.org/10.1057/palgrave/jors/2601319>
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. (McGraw-Hill, Ed.).
- Knoll, D., Prügmeier, M., & Reinhart, G. (2016). Predicting Future Inbound Logistics Processes Using Machine Learning. *Procedia CIRP*, 52, 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.078>
- Koch, R. (1997). *The 80/20 principle: The secret of achieving more with less*. *Long Range Planning* (Vol. 30). [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(97\)80978-8](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(97)80978-8)
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Lane, D. M., Scott, D., Hebl, M., Guerra, R., Osherson, D., & Zimmer, H. (2009). Introduction To Statistics. *Introduction to Statistics*, 454–8. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370483-2.00006-0>
- Nawanir, G., Fernando, Y., & Teong, L. K. (2018). A Second-order Model of Lean Manufacturing Implementation to Leverage Production Line Productivity with the Importance-Performance Map Analysis. *Global Business Review*, 19(3_suppl), S114–S129. <https://doi.org/10.1177/0972150918757843>
- Owerns, R. C., & Warner, T. (2003). Concepts of Logistics System Design. *Arlington, Va.: John Snow, Inc./DELIVER, for the U.S. Agency for International Development (USAID)*, 28.
- Porter, M. E. (1996). What Is Strategy ? AT. *Harvard Business Review*, 74(4134), 61–78. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.09.009>
- Rădășanu, A. C. (2016). Inventory Management , Service Level and Safety. *Journal of Public Administration*, (9), 145–153. Retrieved from http://www.jopaf1.com/uploads/issue9/INVENTORY_MANAGEMENT_SERVICE_LEVEL_AND_SAFETY_STOCK.pdf
- Robeson, J. F., & House, R. G. (1985). *The Distribution Handbook*. The Free Press.
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445–451. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. *World*, 1–11. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)

Anexos

Material - Linhas que o consomem	Consumo médio (turno)	Desvio Padrão (turno)
FITA PP - C/D/E	25,4	32,4
FITA PP - B/F	17,4	21,9
VRNZ PÓ 1 - E	0,9	1,7
VRNZ PÓ 1 - C	0,3	1,3
VRNZ PÓ 1 - D	0,2	0,8
VRNZ PÓ 1 - F	1,3	1,9
VRNZ PÓ 1 - G	0,5	0,8
VRNZ PÓ 1 - A	1,8	2,7
VRNZ LIQUIDO 1 - C/D/E	0,7	0,8
DILUENTE 1 - C/D/E	0,1	0,2
DILUENTE 1 - G/F/A	1,3	1,4
SEPARADOR CARTÃO 1 - B/G/F/C/D/E	140,2	112,2
SEPARADOR CARTÃO 1- H	31,7	46,8
SEPARADOR CARTÃO 2 - B/G/C/D/E/A	233,8	225,6
SEPARADOR CARTÃO 2 - H	18,5	35,1
VRNZ LIQUIDO 1 - A	1,0	0,9
DILUENTE 2 - G/F/A	0,6	0,9
VRNZ LIQUIDO 2 - G/F/A	1,3	1,8
FIO RAFIA - G/A	0,5	0,6
OLHAL 1 - G/F	9 443,4	10 669,3
ARAME 1 - G	80,8	103,0
ARAME 2 - A	408,6	507,2
SEPARADOR PLASTICO - G/A	3,1	4,9
ARGOLAS - G	2 486,6	4 995,3
ENDURECEDOR - G/F/A	0,2	0,3
ASA PLASTICO - F	822,2	1 755,1
OLHAL 2 - F	1 564,6	3 189,7
ASA ARAME - F	492,1	1 600,5
OLHAL 20LTS REF.ORE-O/20-1 - A	14 702,5	18 313,8
CABOS PLASTICO - A	7 245,9	8 773,2
BORRACHA 1 - H	45,3	64,9
BORRACHA 2 - H	11,3	16,2
FILME ESTIRAVEL 2 - H	2,9	4,5

Anexo I - Consumos agregados por material.

Redução do inventário no bordo de linha – Sistema puxado para vernizes numa indústria de embalagens

Vernize	Linha	[ABC]	[XYZ]	Vernize	Linha	[ABC]	[XYZ]
C	1	C	Z	F	9	B	Z
D	1	C	Z	G	9	C	Y
I	1	C	Z	H	9	B	Z
E	2	B	Z	K	9	C	Z
C	3	C	Z	L	9	C	Z
D	3	C	Y	C	10	C	Z
E	3	C	Y	D	10	C	Z
G	3	C	Y	E	10	C	Z
I	3	C	Y	I	10	C	Z
E	4	A	X	C	11	C	Z
F	4	C	Z	D	11	C	Z
G	4	B	Y	I	11	C	Z
H	4	C	Z	E	12	C	Y
E	5	A	X	G	12	C	Y
F	5	C	Z	K	12	C	Z
G	5	B	Y	L	12	C	Z
H	5	C	Z	C	13	C	Z
J	5	C	Z	D	13	C	Z
K	5	C	Z	I	13	C	Z
L	5	C	Z	E	14	C	Y
M	5	C	Z	G	14	C	Z
E	6	A	X	E	15	C	Y
F	6	C	Z	G	15	C	Z
G	6	A	Y	K	15	C	Z
H	6	C	Z	L	15	C	Z
E	7	A	Y	C	16	C	X
F	7	B	Z	D	16	C	Y
G	7	C	Y	E	16	B	Y
H	7	B	Z	G	16	C	Y
E	8	C	Z	I	16	C	Y
F	8	B	X	C	17	C	X
G	8	C	Z	D	17	A	X
H	8	A	X	E	17	A	X
M	8	B	Y	G	17	A	Y
E	9	A	Y	I	17	A	X

Anexo II - Categorização dos Vernizes Líquidos em ABC e XYZ

Material	Linha	Mean	STD	max Mes	QTD Uni
C	16	0,01	0,02	0,01	0,50
C	17	0,04	0,10	0,06	0,50
D	3	0,04	0,15	0,20	0,50
D	16	0,05	0,16	0,11	0,50
D	17	0,19	0,64	0,38	1,50
E	3	0,04	0,12	0,12	0,50
E	4	0,52	2,05	1,21	4,00
E	5	0,53	2,14	1,40	4,00
E	6	1,03	4,51	2,92	8,00
E	7	0,20	1,25	0,94	2,00
E	9	0,38	1,64	0,83	3,00
E	12	0,06	0,22	0,16	0,50
E	14	0,04	0,20	0,12	0,50
E	15	0,02	0,09	0,20	0,50
E	16	0,06	0,21	0,13	0,50
E	17	0,11	0,43	0,32	1,00
F	8	0,08	0,34	0,23	0,50
G	3	0,05	0,21	0,19	0,50
G	4	0,05	0,33	0,16	0,50
G	5	0,05	0,32	0,17	0,50
G	6	0,24	1,53	0,80	2,00
G	7	0,02	0,10	0,12	0,50
G	9	0,04	0,25	0,14	0,50
G	12	0,00	0,02	0,01	0,50
G	16	0,04	0,22	0,12	0,50
G	17	0,13	0,84	0,53	1,50
H	8	0,16	0,53	0,34	1,00
I	3	0,01	0,05	0,06	0,50
I	16	0,02	0,09	0,05	0,50
I	17	0,10	0,32	0,19	1,00
M	8	0,04	0,25	0,10	0,50

Anexo III - Tabela completa de dados da interface do simulador