

**Implementação de metodologias *Kaizen Lean* –  
planeamento industrial e aumento de eficiência de  
linhas de produção**

Caso da empresa X

**Pedro Maria Almeida Leitão Nazaré Costa**

Dissertação para obtenção do grau de mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientador: Prof. Paulo Vasconcelos Dias Correia

**Júri**

Presidente: Prof. Miguel Simões Torres Preto  
Orientador: Prof. Paulo Vasconcelos Dias Correia  
Vogal: Prof. António Manuel da Nave Quintino

**[Janeiro 2021]**

#### Declaração

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

#### Declaration

I declare that this document is an original work of my own authorship and that it fulfills all the requirements of the Code of Conduct and Good Practices of the Universidade de Lisboa.

## Resumo

---

O mercado atual é marcado por alterações tecnológicas constantes e por mudanças grandes no perfil do consumidor final, tornando-se cada vez mais difícil cumprir com essas exigências e ao mesmo tempo manter um nível de serviço elevado.

A presente dissertação apresenta o caso de estudo da empresa X, inserida no mercado farmacêutico, e que solicitou os serviços do Instituto *Kaizen*. O problema, abordado neste projeto, deve-se ao baixo nível de serviço derivado de uma baixa eficiência das linhas produtivas e de um elevado *lead time* de produção face ao *lead time* apresentado aos clientes.

Neste contexto são exploradas e apresentadas ferramentas *Kaizen Lean* no âmbito do planeamento de produção e da eficiência geral das linhas produtivas. Estas, são ferramentas que visam o aumento do valor acrescentado para o cliente final através da redução dos desperdícios nos processos produtivos.

De seguida é apresentada uma metodologia de forma a resolver os problemas apresentados. Nesta apresentação é demonstrado o desenho das soluções e a forma como foram implementadas. Por fim é feita uma síntese geral do projeto com as principais conclusões e com a apresentação dos passos futuros.

Na presente dissertação foi possível implementar as ferramentas apresentadas conseguindo-se obter um crescimento de 28 pontos percentuais no nível de serviço e de 4 pontos percentuais em relação à eficiência das embaladoras com maior output da Empresa X

---

**Palavras Chave:** Metodologia Kaizen Lean, Sistema *Pull*, *SMED*, Planeamento Industrial

## Abstract

---

The current market is marked by constant technological changes and large changes in the profile of the final consumer, making it increasingly difficult to meet these demands while maintaining a high level of service.

The present dissertation presents the case study of Empresa X, inserted in the pharmaceutical market, which requested the services of Kaizen Institute. The problem, addressed in this project, is due to the low service level derived from a low efficiency of the production lines and a high production *lead time* compared to the *lead time* presented to customers.

In this context, Lean Kaizen tools are explored and presented as part of production planning and overall efficiency of production lines. These are tools that aim to increase the added value for the final customer by reducing waste in production processes.

The following is a methodology to solve the problems presented. In this presentation the design of the solutions and the way they were implemented is demonstrated. Finally, a general synthesis of the project is made with the main conclusions and the presentation of future steps.

In this dissertation it was possible to implement the tools presented achieving a growth of 28 percentage points in the service level and 4 percentage points in relation to the efficiency of the packers with higher output of the Empresa X

---

**Keywords:** Kaizen Lean Methodology, Pull System, SMED, Industrial Planning

## **Agradecimentos**

---

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Instituto Kaizen, na pessoa do Engenheiro Rui Tenreiro, pela oportunidade de poder estagiar e realizar a minha dissertação de mestrado num ambiente empresarial. Fruto disso, foi possível observar o impacto do trabalho desenvolvido na Empresa X.

Agradecer também ao professor Paulo Correia pela ajuda dada na construção da dissertação e das sugestões cruciais para a realização da mesma. Queria agradecer também à minha família, namorada e amigos que foram muito importantes nesta fase tão crítica da minha vida. Gostava de agradecer pessoalmente aos meus colegas Manuel, Duarte, Carmo, Mafalda e Carlos que de uma forma ou de outra contribuíram nesta minha fase de vida.

Por fim, mas não menos importante, agradecer aos meus colegas Engenheiro Pedro Meira Ramos e Engenheira Catarina Bukovac pelo apoio no projeto da Empresa X e apoio no desenvolvimento da dissertação de mestrado.

## Índice

---

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>i</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>ii</b>
<b>Acrónimos.....</b>	<b>iii</b>
<b>1 Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descrição e contextualização do projeto .....	1
1.2 Descrição do Problema e Objetivos da Dissertação.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação.....	2
<b>2 Caso de estudo da empresa X .....</b>	<b>4</b>
2.1 Enquadramento do <i>Kaizen Institute</i> .....	4
2.2 Enquadramento da Empresa X.....	6
2.3 Síntese do Processo Produtivo .....	7
2.3.1 Fornecimento de Matérias Primas e Material de Acondicionamento.....	7
2.3.2 Pesagem.....	8
2.3.3 Produção.....	8
2.3.4 Embalamento .....	10
2.4 Descrição do problema.....	11
2.5 Síntese do capítulo.....	14
<b>3 Metodologia <i>Lean</i> para o Planeamento de Produção .....</b>	<b>15</b>
3.1 Contextualização e Evolução da Metodologia <i>Lean</i> .....	15
3.1.1 Produção <i>Lean</i> ( <i>Lean Production</i> ).....	15
3.1.2 Pensamento <i>Lean</i> ( <i>Lean Thinking</i> ).....	16
3.2 Princípios e Ferramentas da Metodologia <i>Lean</i> .....	16
3.2.1 <i>Value Stream Mapping</i> ( <i>VSM</i> ).....	17
3.2.2 Valor Acrescentado e Desperdício .....	17
3.2.3 Diferença entre <i>Kaizen</i> e <i>Lean</i> .....	18
3.2.4 Ferramentas <i>Kaizen Lean</i> de Apoio à Estratégia do Planeamento de Produção.....	19
3.2.5 Ferramentas <i>Kaizen Lean</i> de Apoio à Eficiência das Linhas de Produção 27	
3.3 Síntese do Capítulo.....	30
<b>4 Metodologia Proposta .....</b>	<b>33</b>
4.1 Fase de Planeamento.....	35

4.1.1	Value Stream Mapping .....	35
4.1.2	Desenho de Soluções.....	40
4.1.3	Definição dos Indicadores do Projeto De Melhoria .....	45
4.2	Desenvolvimento e Implementação das Soluções Propostas .....	46
4.2.1	Implementação das Soluções para a Otimização dos Fluxos.....	46
4.2.1.1	Planeamento Estratégico .....	46
4.2.1.2	Planeamento de Capacidade .....	50
4.2.1.3	Caixa de Nivelamento e Sequenciamento .....	51
4.2.1.4	Ferramenta em <i>Pull</i> de Apoio à Estratégia do Planeamento .....	53
4.2.2	Implementação das Soluções para a Otimização dos Recursos.....	56
4.3	Conclusões do Capítulo .....	60
<b>5</b>	<b>Análise e Discussão dos Resultados Obtidos.....</b>	<b>63</b>
5.1	Resultados da otimização dos fluxos .....	63
5.2	Resultados da otimização dos recursos produtivos.....	64
5.3	Conclusões da Análise de Resultados.....	65
<b>6</b>	<b>Conclusão e Trabalho Futuro .....</b>	<b>67</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>69</b>
	<b>Anexos: .....</b>	<b>72</b>
	<b>Anexo A – Desdobramento em dois níveis das paragens das embaladoras.....</b>	<b>72</b>
	<b>Anexo B - Desdobramento em dois níveis das atividades dos <i>set-ups</i> das embaladoras .....</b>	<b>73</b>
	<b>Anexo C – Matriz impacto esforço das soluções para os problemas de alimentação.....</b>	<b>73</b>
	<b>Anexo D – Visualização da FPAEP na atribuição da pontuação .....</b>	<b>74</b>
	<b>Anexo E – Visualização da caixa de nivelamento na FPAEP .....</b>	<b>74</b>

## Lista de Figuras

---

Figura 1 - Os 5 princípios fundamentais Kaizen™ .....	6
Figura 2 - Processo Produtivo Empresa X.....	7
Figura 3 – Mapeamento de processos da Empresa X .....	7
Figura 4 - Processo Produtivo Sub-Secção Sólidos.....	9
Figura 5 - Processo Esquematizado do Embalamento .....	10
Figura 6 - Evolução do volume de produção e nº de colaboradores .....	11
Figura 7 - Produtividade mão de obra direta vs total .....	12
Figura 8- <i>Lead-time</i> médio real empresa X.....	12
Figura 9 - <i>OEE</i> médio dos processos produtivos .....	13
Figura 10 - <i>OEE</i> e perdas .....	14
Figura 11 - Sistema de Produção em Push.....	19
Figura 12 – Exemplificação de uma estratégia <i>Pull</i> MTO.....	21
Figura 13- Exemplificação de uma estratégia <i>Pull</i> MTS .....	21
Figura 14 - Exemplificação de uma estratégia híbrida <i>Pull</i> MTS-MTO .....	23
Figura 15 - Gráfico Pareto ABC.....	25
Figura 16 - Overall Equipment Efficiency .....	28
Figura 17 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> .....	29
Figura 18 - Metodologia Proposta para Aplicação ao Caso de Estudo .....	33
Figura 19 - Mapeamento do Fluxo de Materiais Macro .....	35
Figura 20 - Legenda VSM.....	36
Figura 21 - Mapeamento Fluxo de Materiais (Formações Sólidas).....	37
Figura 22 - Mapeamento Fluxo de Materiais (Formações Líquidos e Pastosos).....	38
Figura 23- Mapeamento do fluxo de informação da encomenda .....	39
Figura 24 - Mapeamento do Fluxo de Atividades Futura do Planeamento .....	42
Figura 25 - Sistema de reposição em supermercado de referências em MTS.....	43
Figura 26 - Referências em MTS e MTO.....	48
Figura 27 - Classificação ABC-XYZ das MP e MA .....	49
Figura 28 - Classificação BTS – BTO .....	49
Figura 29 - Caixa de nivelamento genérica .....	52
Figura 30 - Fluxo de funcionamento da FPAEP .....	55
Figura 31 - Relatório de Carga Capacidade .....	55
Figura 32 - Formulário de Preenchimento do <i>OEE</i> .....	57
Figura 33 - Desdobramento Causas <i>OEE</i> .....	58
Figura 34 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> Alimentação Primário .....	59
Figura 35 - Resumo Impacto Esforço.....	60
Figura 36 - Evolução Nível de Serviço .....	64
Figura 37 - Evolução <i>OEE</i> máquinas embaladoras com maior <i>output</i> .....	65



## Lista de Tabelas

---

Tabela 1 - Combinação da Metodologia ABC com a Classificação XYZ .....	26
Tabela 2 - Características dos Produtos segundo a Metodologia ABC-XYZ .....	26
Tabela 3 - Resumo dos Indicadores do Projeto de Melhoria a Implementar .....	46
Tabela 4 - Soluções para os problemas identificados no diagrama de <i>Ishikawa</i> .....	59
Tabela 5 - Resumo geral do resultado dos indicadores .....	63

## **Acrónimos**

---

**API** – *Active Pharmaceutical Ingredient*

**BTO** – Buy to Order

**BTS** – Buy to *Stock*

**EPEI** – Every Part Every Interval

**EXC** – Excipiente

**FIFO** – First in, First out

**IK** - Instituto *Kaizen*

**JIT** – Just-in-time

**KBS** – *Kaizen* Business System

**KI** – Kaizen Institute

**KIGC** – *Kaizen* Institute Consulting Group

**KIWE** – *Kaizen* Institute Western Europe

**KL**- *Kaizen Lean*

**MA** – Material de Acondicionamento

**MP** – Matéria-prima

**MTO** – Make to Order

**MTS** – Make to *Stock*

**OEE** – Overall Equipment Efficiency

**QCD** – Quality, Cost and Delivery

**SKU** – *Stock* Keeping Unit

**SLA** – Service Level Agreement

**SMED** – Single Minute Exchange of Die

**TPS** – *Toyota Production System*

**VSM** – Value Stream Mapping

**WIP** – Work in Progress

# 1 Introdução

---

## 1.1 Descrição e contextualização do projeto

O mercado atual é marcado por alterações tecnológicas constantes e por mudanças grandes no perfil do consumidor final, tornando-se cada vez mais difícil cumprir com essas exigências e ao mesmo tempo manter um nível de serviço elevado. (Shabaninejad et al., 2014).

Torna-se então vital para a indústria reduzir ao máximo os desperdícios existentes de forma a reduzir custos e tempos de produção para cumprir com os exigentes *lead times* exigidos pelo mercado. (Zhou, 2016) Uma das metodologias que combina todos esses fatores é a metodologia *Kaizen Lean*. (Ward & Zhou, 2006) Assim sendo, é exigindo aos colaboradores, mas principalmente aos líderes das organizações que se reinventem nos trabalhos que fazem no seu cotidiano, estando dispostos a quebrar os seus atuais paradigmas de forma a liderar uma organização numa mudança contínua. (Frederic Laloux "Reinventing organizations," 2014)

A indústria farmacêutica é uma indústria rígida sendo que o processo produtivo inerente a esta indústria é bastante complexo com controlos de qualidade e SLA apertados. Assim, conseguir ter um desenho de todo o processo produtivo rigoroso e ao mesmo tempo conseguir conciliar com um planeamento rígido e robusto, consideram-se fulcrais para o sucesso. (Moniz et al., 2015)

Ao longo dos anos, como em todas as outras indústrias, os modelos de negócio foram sendo redefinidos ano após ano, permitindo o sucesso de várias empresas neste mercado. Com estas mudanças a acontecerem a grande velocidade, há muitas decisões económicas que entram em conflito com as decisões dos engenheiros. (T. O'Connor O'Connor, 2017)

Assim sendo e visto que, os dias em que a indústria farmacêutica tinha muitas fábricas disponíveis, com elevada capacidade, estão a acabar lentamente, torna-se então necessária esta reinvenção e redução de resíduos ao longo de todo o processo de produção de forma a atingir o exigente SLA com prazos cada vez mais curtos, mas mantendo sempre um controlo de qualidade muito apertado. Só assim é possível ganhar uma vantagem competitiva no mercado. (T. O'Connor O'Connor, 2017)

Esta indústria como todas as outras, não deixa de ser desafiada pelo panorama económico-social em que se insere e um exemplo disso é a situação que se viveu devido à pandemia do SARS-CoV-2 (*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*), habitualmente conhecida por COVID-19 que exigiu uma resposta quase imediata na produção e deixando as fábricas no limite das suas capacidades. Para além desta resposta, o fornecimento das matérias primas API's e EXC também ficaram afetados devido ao fecho das fronteiras entre países. Daí ser tão necessária esta otimização de processos de forma a serem alcançados níveis de utilização da capacidade em níveis máximos em termos de eficiência. (Shenyi et al., 2020)

É o caso da empresa X (denominada empresa X por efeitos de confidencialidade) que deseja reduzir os *lead times* de todo o processo produtivo de forma a conseguir cumprir com os prazos acordados de forma a obter um elevado nível de serviço. Com este objetivo em mente, contrata o Instituto Kaizen

(doravante IK), empresa líder de mercado na consultoria da melhoria continua e aplicação da metodologia de gestão *Kaizen*, para ser eficaz e sustentável no planeamento de produção.

## 1.2 Descrição do Problema e Objetivos da Dissertação

Este projeto está inserido na dissertação final no Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior Técnico em que foi realizado um estágio profissional no IK em que o projeto da empresa X fazia parte.

O objetivo geral desta dissertação é propor uma metodologia de melhoria continua e apresentar os métodos utilizados com o objetivo aumentar o fluxo dos vários processos produtivos de forma reduzir o *lead time* e aumentar a eficiência geral das linhas, tendo por consequência o aumento do nível de serviço ao cliente. Tendo isto em consideração, é proposta a sequência pela qual este projeto é regido:

1. Identificar e caracterizar o presente caso de estudo, apresentando e contextualizando os respetivos intervenientes, tanto o IK como a empresa X;
2. Analisar o problema de *lead-time* e de eficiência que originou o presente projeto de dissertação
3. Definir a metodologia de investigação a ser utilizada na construção de uma metodologia adequada à resolução do problema ilustrado pelo estudo de caso, cuja aplicação será descrita e discutida posteriormente.
4. Após a definição da metodologia, será apresentada a implementação das metodologias propostas e posteriormente serão demonstrados os resultados da mesma implementação falada anteriormente.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos descritos em detalhe de seguida:

**Capítulo 1** – Introdução: Neste capítulo será feita uma pequena introdução ao mercado farmacêutico e ao trabalho que será desenvolvido neste projeto

**Capítulo 2** – Apresentação do caso de estudo da empresa X: Neste capítulo será feito uma breve contextualização do IK e da empresa X e todo o seu processo produtivo. É também neste capítulo que será apresentado e estruturado o problema em causa.

**Capítulo 3** – Metodologia *Lean* para o planeamento de produção: Neste capítulo será realizada uma revisão da literatura da metodologia *Lean* proposta para o problema identificado no capítulo 2

**Capítulo 4** – Metodologia Proposta e Implementação da mesma: Neste capítulo será apresentada uma metodologia proposta para aplicação ao caso de estudo, que será realizada na dissertação. Posteriormente é abordada a implementação dessa mesma metodologia

**Capítulo 5** – Discussão de resultados: Neste capítulo demonstram-se e são discutidos os resultados obtidos através da implementação do capítulo 4.

**Capítulo 6** – Conclusão e Trabalho Futuro: Neste capítulo conclui-se a presente dissertação propondo um desenvolvimento de trabalho futuro.

## 2 Caso de estudo da empresa X

---

### 2.1 Enquadramento do *Kaizen Institute*

O KICG é uma empresa multinacional fundada em 1985 por Masaaki Imai em Zurique e é líder mundial na implementação de soluções *Kaizen Lean*.

Massaki Imai nasceu no Japão nos anos 30 e trabalhou, durante os anos 50, no *Japan Productivity Center*. Nesta altura, Imai era responsável por acompanhar os responsáveis da indústria japonesa a visitar instalações industriais Norte Americanas, de forma a recolher bons exemplos a serem praticadas no Japão. Após a 2ª grande Guerra, o Japão encontrava-se num período crítico e para dar resposta à escassez de matérias primas, a Toyota criou o sistema *Toyota Production System* (doravante TPS) em que começou a utilizar algumas metodologias de melhoria contínua na produção. Nesta altura, começa a ser definida a metodologia Just-In-Time. (Ward & Zhou, 2006)

Imai estando a trabalhar no *Japan Productivity Center* acompanhou de perto a evolução do TPS e começou a reparar no impacto positivo que essa metodologia trazia para a indústria tendo então escrito o seu primeiro livro "*Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*". (Imai, 1997) O objetivo principal, desta publicação, era conseguir disseminar por todo o mundo a filosofia *Kaizen* e as boas práticas verificadas na Toyota.

A palavra *Kaizen* tem origem japonesa sendo que é a conjugação de duas palavras: "Kai" que significa "Mudar" e "Zen" que significa "Melhor". A interpretação das duas palavras em conjunto tem como significado "Mudar para Melhor" ou "Melhoria Contínua". Esta palavra deu então origem à empresa fundada por Imai em 1985 que tem como objetivo o aumento do desempenho das empresas implementando soluções fáceis, rápidas e de baixo valor.

O KICG atualmente encontra-se presente em mais de 60 países, em 6 continentes diferentes, sendo que o presente caso de estudo se encontra associado ao *Kaizen Institute Western Region* (doravante KIWE) que é responsável pelos escritórios de Portugal, Espanha, França, Reino Unido e Malta, sendo que tem associado cerca de 200 consultores.

O KICG acredita que as organizações que implementam um sistema de gestão de *Excelência*, baseado nas pessoas e melhoria contínua, criam uma vantagem competitiva sustentável. Para que toda esta estratégia *Kaizen* seja implementada com sucesso, o KICG concentra a sua atividade em três objetivos: *Growth, QCD e Motivation*.

- **Crescimento (*Growth*):** Ajudar no crescimento de vendas sustentado das empresas
- **QCD (*Quality, Cost, Delivery*):** Para a *Excelência* operacional
  - **Qualidade (*Quality*):** Aumentar a qualidade dos produtos ou serviços entregues pelos clientes
  - **Custo (*Cost*):** Diminuir os custos globais das atividades

- **Serviço (Delivery):** Cumprir o plano de trabalho estabelecido dentro dos prazos estabelecidos
- **Motivação (Motivation):** Desenvolver a motivação de todos os colaboradores envolvidos

Cada um destes 3 objetivos são sustentados por diversos pilares. No âmbito do projeto a desenvolver, interessa especificar os pilares associados ao objetivo QCD.

Para alcançar a *Excelência* operacional utilizando a metodologia *Kaizen Lean*, o KICG utiliza 5 pilares:

- **Flow Management:** Este pilar tem como objetivo o aumento da eficiência de fluxo e recursos em processos *Supply Chain* sendo que existem três ferramentas para efetivar esse aumento:
  - *Production Flow*
  - *Internal Logistics Flow*
  - *External Logistics Flow*
- **Productive Maintenance:** Este pilar tem como objetivo aumentar a eficiência nos recursos de capital intensivo utilizando 5 ferramentas:
  - *Kobetsu KAIZEN™*
  - Manutenção Automática
  - Manutenção Planeada
  - Educação e Treino
  - Segurança e Saúde
- **Quality Management:** Este pilar tem como objetivo reduzir os custos com a qualidade recorrendo a 4 ferramentas:
  - SDCA e Normalização
  - Resolução de Problemas Estruturado
  - Qualidade Autônoma
  - *Six Sigma*
- **Service Management:** Este pilar tem como objetivo aumentar a eficiência de fluxo e recursos em serviços recorrendo a 4 ferramentas:
  - Fluxo de Informação
  - *Workflow Logistics*
  - Melhoramento da Qualidade
  - Customer Experience
- **Sourcing & Suppliers:** Este pilar tem como objetivo reduzir os gastos e melhorar a qualidade dos fornecedores utilizando 5 ferramentas:
  - Melhorar a gestão de gastos
  - Alavancar a concorrência
  - *Mudar* natureza da Procura
  - Procurar Vantagens mútuas
  - Desenvolver os fornecedores

Ainda assim, associados a estes objetivos estratégicos, o KICG baseia-se em 5 princípios fundamentais que serão enumerados de seguida:



Figura 1 - Os 5 princípios fundamentais Kaizen™

1. **Criação de valor para o cliente:** o foco é o valor acrescentado para o cliente. Identifica-se os interesses do cliente de forma a conseguir melhorá-los, para no fim melhorar a experiência do cliente
2. **Eficiência no fluxo:** para um fluxo eficiente torna-se fundamental que este fluxo seja de valor acrescentado e sem desperdícios, para isso identifica-se e elimina-se os *muda* (palavra para desperdício em japonês) de forma a tornar os processos mais *Lean*
3. **Eficácia no Gemba:** Gemba é a palavra japonesa para local onde se acrescenta valor. Neste princípio aumenta-se a transferência de valor dos recursos para as unidades de fluxo.
4. **Envolvimento de pessoas:** para processos robustos e para que toda a filosofia *Kaizen* seja implementada numa organização, o envolvimento com as pessoas é fundamental. Cria-se então motivação através da melhoria dos processos de trabalho e ambiente realizando os eventos *Kaizen* dentro da organização.
5. **Gestão visual:** outro ponto fundamental é a gestão visual. Para haver melhoria tem de haver indicadores que validem os processos de melhoria (não podemos melhorar aquilo que não medimos). A gestão visual ajuda também a identificar rapidamente o valor acrescentado e o *muda* nos processos, melhora a validação de processos e a colaboração.

## 2.2 Enquadramento da Empresa X

O grupo, onde a está inserida a empresa X, é um grupo farmacêutico de capital 100% português e é especializada em investigação e desenvolvimento, fabrico de produtos farmacêuticos, dermocosméticos e suplementos, respetiva distribuição e comercialização.

Para além das suas marcas próprias, produz e comercializa produtos licenciados em parceria com muitas das maiores empresas farmacêuticas mundiais. Como resposta ao desafio da internacionalização e globalização, o grupo, onde a Empresa X está inserida, está hoje presente em mais de 50 países.





O material de acondicionamento é todo o material que envolve o medicamento. No caso das cápsulas, o seu revestimento é considerado material de acondicionamento. Outros exemplos são as ampolas, os blisters, o embalamento e a literatura.

Na fase de fornecimento de matérias primas e materiais de acondicionamento, o departamento responsável pelo planeamento reporta à secção de compras o planeamento fabril dos próximos meses de forma a colocarem ordens de reposição de *stock* no armazém.

Após o fornecimento das encomendas efetuadas pelo departamento de compras, a área responsável pela logística gere a receção e armazenamento das matérias primas e material de acondicionamento. Aqui entra também a equipa do controlo de qualidade que remove uma amostra para avaliação. Esta avaliação por sua vez ocorre antes do material ser colocado em produção e apenas quando o Certificado de Análise é emitido, o produto pode seguir para produção ou ser considerado como produto rejeitado, dependendo dos resultados das análises realizadas.

### 2.3.2 Pesagem

Após esta aprovação por parte do departamento do controlo de qualidade, o departamento responsável pelo planeamento reporta à logística a necessidade de alguma matéria prima ou material de acondicionamento por parte da produção. De seguida, a logística encarrega-se de entregar o material à secção que despoletou essa necessidade. No caso das matérias primas, estas passam por um processo de pesagem antes de entrar em produção. Esta última tarefa encontra-se sob a responsabilidade do departamento logístico.

### 2.3.3 Produção

Após a pesagem das matérias fornecidas, a logística passa a responsabilidade para o departamento de produção e embalamento. A produção e embalamento encontra-se dividido em 3 subsecções: 1- Sólidos, 2- Líquidos e Cremes e 3 – Embalagens.

#### **1- Sólidos**

Nesta fase do processo são produzidos os comprimidos e as cápsulas. O processo produtivo inerente a esta secção encontra-se demonstrado na figura 4.

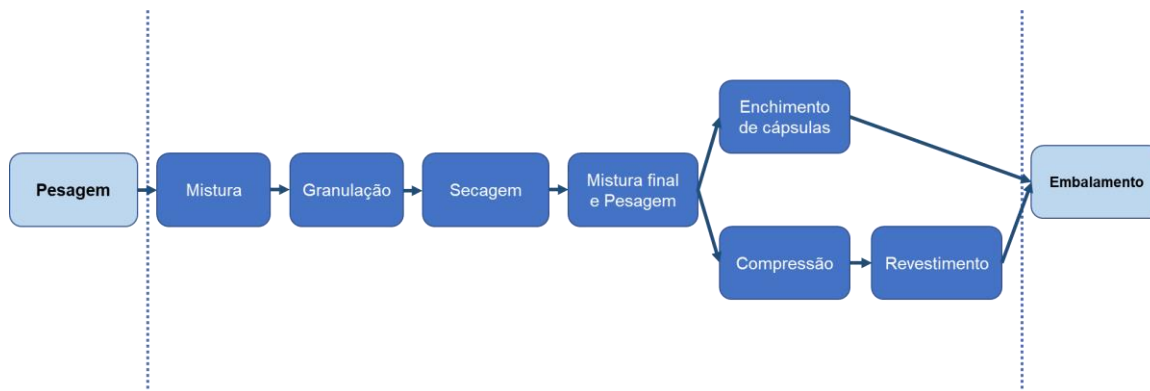


Figura 4 - Processo Produtivo Subsecção Sólidos

Serão então descritas cada uma das sub-tarefas descritas em cima:

- **Mistura:** Nesta fase do processo, após serem pesados os princípios ativos e os excipientes, são doseados e colocados numa mistura final com as concentrações requeridas por cada fármaco.
- **Granulação:** Nesta fase do processo, a mistura, com as concentrações corretas foi efetuada e é iniciado o processo de formação de grãos com as concentrações exigidas de forma a serem comprimidos eficazmente.
- **Secagem:** Tal como o nome indica, a mistura é então secada de forma a pode prosseguir para o processo seguinte
- **Mistura Final e Pesagem:** É efetuada a pesagem final da mistura
- **Enchimento de cápsulas:** Este processo é um processo específico das cápsulas sendo que este produto acabado não passará nem pela compressão nem pelo revestimento. Nesta fase são preenchidas, com a mistura final, as cápsulas.
- **Compressão:** Este processo é específico dos comprimidos. Nesta fase do processo a mistura final, em forma de grãos, é comprimida e moldada à forma pretendida pelo cliente final.
- **Revestimento:** Só passam por este processo alguns dos comprimidos que necessitam de ser revestidos por forma a conferir outras propriedades ao produto final.

## 2- Líquidos e Pastosos:

Esta subsecção do processo produtivo encontra-se dividida em 4 fases que estão em linha e sem interrupções físicas durante o processo por isso quando são realizados os primeiros passos, não se pode interromper o processo:

- **Pesagem:** Nesta fase são pesados os API's e os EXC para garantir que as proporções utilizadas são as corretas

- **Mistura:** Neste passo do processo, é feita a mistura final do produto.
- **1º Acondicionamento:** Aqui, como a linha é caracterizada por ser uma linha de enchimento, a mistura final do passo anterior é colocada num frasco ou recipiente.
- **2º Acondicionamento:** Depois, o frasco, com a mistura final, é embalado e colocado numa caixa pronto a ser expedido.

### 2.3.4 Embalamento

A fase de embalamento corresponde à fase de acondicionamento do produto final que sai da fase produtiva sólida explicada no ponto 2.3.3 – 1. Esta fase encontra-se fisicamente dividida em dois, o primário e o secundário, conforme pode ser confirmado na figura 5:

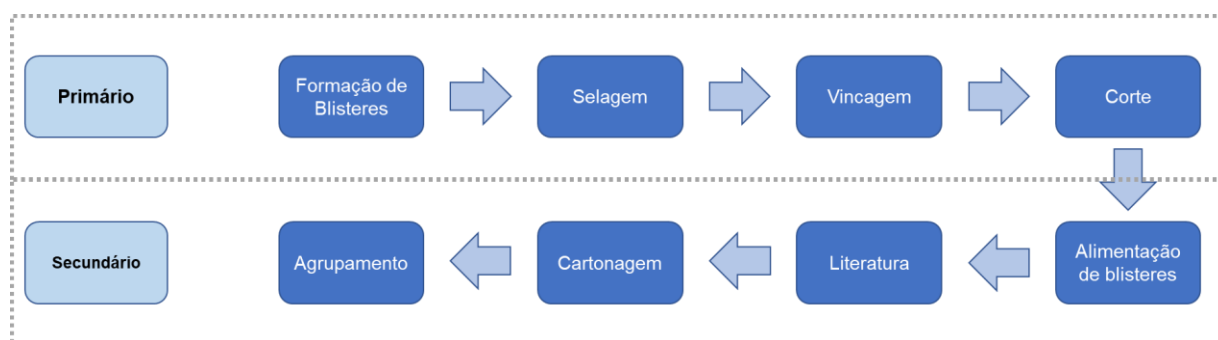


Figura 5 - Processo Esquemático do Embalamento

Na primeira fase, no primário, o produto final, da secção dos sólidos, dá entrada na secção das embalagens. Como o produto nesta fase ainda não se encontra devidamente acondicionado, esta sala encontra-se fechada e isolada da segunda fase deste processo.

O comprimido/ cápsula é rececionado na zona primária e é colocado na máquina “blisteradora”, sendo então realizados 4 passos:

- **Formação de “Blisters”:** O produto depois de alimentador na “blisteradora”, é colocado dentro do blister para começar a ser acondicionado
- **Selagem e vincagem:** Nesta fase o blister é selado de forma a garantir que o comprimido se encontra num ambiente controlado e sem impurezas
- **Corte:** Por último o blister é cortado nas dimensões especificadas pelo cliente para posteriormente ser “encartonado”

Na segunda fase, no secundário, o blister já se encontra selado e cortado segundo as especificações e por isso é feita todo o processo de embalamento final. Esta fase encontra-se dividida da seguinte forma:

- **Alimentação de “blisters”:** Nesta fase a máquina recebe então os blisters selados e vincados e agrupa-os segundo as dimensões da caixa

- **Literatura:** É inserida a literatura com as especificações do produto
- **Cartonagem:** Depois de agrupado e com a literatura associada, a “blisteradora” abre a caixa e insere o agrupamento final
- **Agrupamento:** as caixas com o produto final são agrupadas e envoltas numa fita de plástico prontas a serem expedidas para o cliente final

## 2.4 Descrição do problema

Após ter sido descrito o processo produtivo da empresa X, neste capítulo será abordada a descrição do problema a ser resolvido, sendo que o foco principal será o *lead time* e o nível de serviço da empresa X, bem como as várias possíveis razões para os valores apresentados.

Nos últimos anos a procura tem vindo a aumentar e por consequência a produção da empresa X tem tido um aumento muito significativo conforme pode ser confirmado pela figura 6. Este aumento tem sido acompanhado por um aumento no nº de colaboradores, mas não numa escala igual sendo que é possível observar que o aumento do número de *FTEs* é superior ao crescimento na produção. O ano de 2019 confirmou que a produção e o número de *FTEs* voltaram a aumentar.

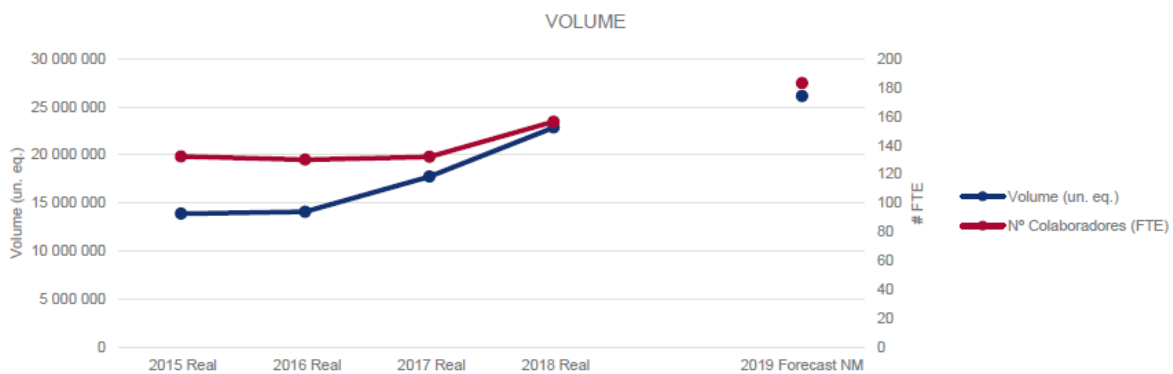


Figura 6 - Evolução do volume de produção e nº de colaboradores

Face ao descrito em cima, era espectável que a produtividade aumentasse, no entanto conforme se pode observar na figura 7, a produtividade, apesar de ter vindo a aumentar até 2018, pela primeira vez em 2019 houve uma ligeira inflexão na curva. Esta inflexão ocorreu por ter sido atingido o máximo do efeito de escala segundo os métodos de produção atuais.

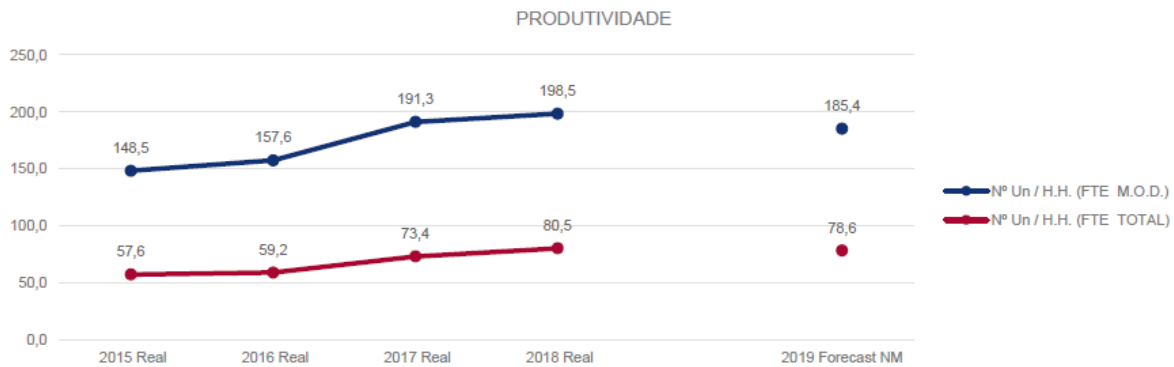


Figura 7 - Produtividade mão de obra direta vs total

Para o cálculo da produtividade é utilizada a fórmula descrita em baixo:

$$Produtividade = \frac{Produção\ total}{horas.\ homem}$$

Face a este crescimento na procura, a empresa X deparou-se com um desafio de satisfazer todos os clientes nos tempos desejados e com um *lead-time* competitivo. Para ser possível avaliar o *lead-time* por parte da empresa X, desenhou-se o mapeamento global da cadeia de valor da fábrica, tendo sido concluído que o *lead-time* dos fornecedores tem um impacto significativo em todo o planeamento pois é maior que 35 dias chegando até aos 60 dias no caso dos API's.

Uma política aplicada pela empresa X é o facto de colocar encomendas nos fornecedores apenas quando já tem confirmado uma encomenda firme por parte dos clientes, fazendo com que o *stock* de matérias primas e material de acondicionamento seja consumido assim que é rececionado pela logística nos armazéns.

Seguindo-se então uma análise do *lead-time* médio real da empresa X para os seus clientes, concluiu-se que a empresa entrega a encomenda ao cliente, em média, em 174 dias, conforme pode ser confirmado na figura 8. A figura 8 representa dados reais, mas sem a denominação dos clientes por motivos de confidencialidade.

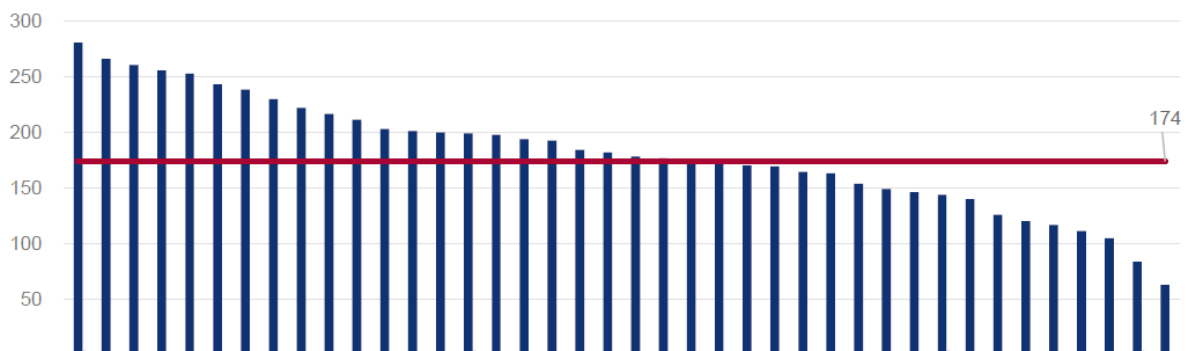


Figura 8- Lead time médio real empresa X

Um dos problemas identificados no *lead-time* é o facto de para um número significativo de encomendas, o *lead-time* exigido ser inferior aos 174 dias o que naturalmente fará com que o nível de serviço seja prejudicado.

Sabendo então o *lead-time* real médio da empresa X, analisou-se também o nível de serviço geral da fábrica. Por nível de serviço entende-se a percentagem das encomendas entregues na data original dos pedidos feitos por parte dos clientes face a todas as encomendas efetuadas pelos clientes no período analisado. Após esta análise, concluiu-se que o nível de serviço global no ano de 2019 foi de 32%. Isto significa que apenas 32% das encomendas colocadas foram entregues no tempo acordado com o cliente.

Este baixo nível de serviço deve-se a dois grandes fatores: primeiramente o tempo médio prometido ao cliente final não corresponde ao *lead-time* médio real da empresa X e, em segundo, a baixa eficiência dos seus equipamentos produtivos.

Antes de avançar para a próxima análise, importa definir e contextualizar o Overall Equipment Efficiency (doravante *OEE*). O *OEE* é uma métrica que multiplica 3 parâmetros, disponibilidade, performance e qualidade, conforme podemos validar na fórmula em baixo:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

Esta métrica será definida com maior detalhe no capítulo 3 de revisão da literatura proposta.

Assim sendo, aplicou-se a métrica descrita em cima ao presente caso de estudo. O resultado é o que se pode confirmar pela figura 9.

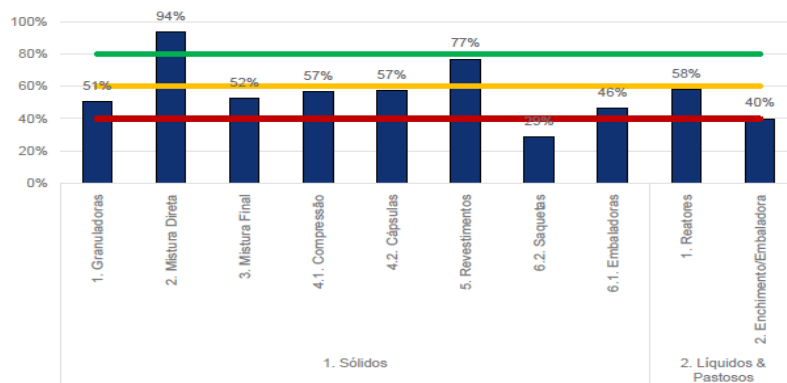


Figura 9 - *OEE* médio dos processos produtivos

Nesta fase concluiu-se que apenas um dos processos se encontra com um *OEE* acima do objetivo e que oito dos processos encontram-se abaixo do objetivo geral médio (60%).

Após uma análise aos clientes da empresa X, não revelados neste estudo por motivos de confidencialidade, foi concluído que quase metade das encomendas eram colocadas nas formulações sólidas e que dessas encomendas, 30% do volume deve-se a um cliente Y, denominado cliente Y por motivos de confidencialidade.

Sendo as formações sólidas as mais críticas, torna-se então relevante aumentar o *OEE* das linhas críticas desta secção. Analisando a figura 10 conclui-se que as saquetas são as que piores eficiências têm, mas como é um produto menos relevante e com pouca produção anual, será dado um foco maior às embaladoras que têm um *OEE* de 46%. Significa isto que apenas 46% do tempo total de abertura disponível para produzir é utilizado efetivamente para produzir sendo que os restantes 54% são perdas de eficiência.

Avaliando os 3 parâmetros do *OEE*, definidos anteriormente, para todas as máquinas, consegue-se concluir que a maior causa para a baixa eficiência dos equipamentos é a performance, tal como é possível confirmar na figura 10.

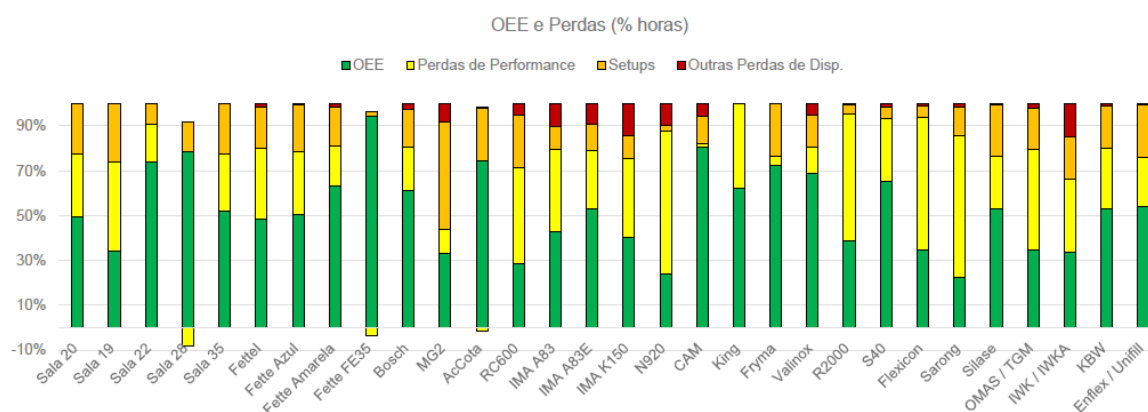


Figura 10 - OEE e perdas

As perdas por performance são associadas por diferenças nas velocidades das máquinas e pelas perdas por microparagens. Entende-se por microparagem todas as paragens com duração menor do que 10 minutos.

Ao observar a figura 9, é possível também concluir que o segundo motivo para o baixo *OEE* das máquinas é o elevado tempo aplicado a *set-up*.

## 2.5 Síntese do capítulo

A empresa X é uma das principais empresas produtoras de fármacos em Portugal tendo alguns produtos bastante importantes na sua carteira de produtos. Dado o panorama atual e o aumento da procura, e conseqüentemente da produção, a empresa é desafiada a responder a esse desafio com um nível de serviço exigente e um *lead-time* ainda mais exigente. Neste sentido surge a necessidade de diminuir o *lead-time* atual da empresa X, tentando explorar oportunidades de melhoria no *lead-time* dos fornecedores, na visibilidade da capacidade total da fábrica antes de aceitar uma encomenda e a de aumentar a eficiência geral das linhas produtivas dando um foco mais acentuado às formações sólidas e mais concretamente na fase de embalagem. Para isto a empresa X contratou o IK para desenvolver um projeto com as metodologias *Kaizen Lean* de forma a responder a estes desafios.



## 3 Metodologia *Lean* para o Planejamento de Produção

---

### 3.1 Contextualização e Evolução da Metodologia *Lean*

#### 3.1.1 Produção *Lean* (*Lean Production*)

Nos dias de hoje, o mercado global industrial é um mercado muito competitivo onde as empresas enfrentam uma pressão elevada devido às exigências do consumidor final. Fatores como uma resposta rápida à procura, baixo custo e variedade de produto tornaram-se fundamentais para corresponder às exigências do consumidor. (Amin & Karim, 2013)

Houve uma evolução na indústria ao longo dos anos e essas evoluções costumam ter início na indústria automóvel e aconteceram sempre a seguir às guerras mundiais. Esta evolução é marcada por vários momentos determinantes, o primeiro foi a ideia da linha em movimento implementada por Henry Ford nas suas linhas de produção automóveis, no fim da 1ª grande guerra. Esta ideia inovadora, fez com que a Ford alavancasse a sua produção face à concorrência e aumentasse drasticamente a sua produtividade. (Amin & Karim, 2013)

Com esta ligeira alteração na linha, Henry Ford conseguiu também reduzir os custos na produção de automóveis e com isto criar o mercado em massa. Esta metodologia era muito eficiente para indústrias de processo com muita variabilidade e com um leque de produtos reduzidos. (B. J. P. Womack & Jones, 1992)

Com esta metodologia sedimentada, eram poucos os que acreditavam que poderia haver uma nova forma mais eficiente de produzir sem ser com a metodologia inventada por Ford. (B. J. P. Womack & Jones, 1992)

Apesar disso, e após a segunda grande guerra, o Japão e, neste caso em concreto a Toyota, tinham um grande desafio à sua frente pois, devido à grave crise financeira que estavam a enfrentar, o fornecimento de matérias primas era escasso. Por consequência, a indústria automóvel ficou marcada pelos elevados *stocks* de carros não comprados e por isso a Toyota teve de reinventar-se e arranjar uma metodologia que não só reduzisse os *stocks* de produto acabado, bem como reduzisse significativamente o investimento necessário para a aquisição de Matérias Primas para a produção de carros. (Holweg, 2007)

Após esta procura pela metodologia que iria tentar salvar a Toyota da falência, esta empresa foi a responsável por introduzir um novo modelo de produção, o chamado *Toyota Production System*. (Amin & Karim, 2013) O TPS (*Toyota Production System*) é reconhecido por ter uma visão de fazer mais com menos (*Doing more with less*). (Mrugalska & Wyrwicka, 2017)

Esta metodologia alavancou o seu crescimento face à sua concorrência a nível mundial através da redução de *stocks* de produto acabado, redução significativa no preço de custo de produção e ao mesmo tempo tirar o máximo de partido de toda a capacidade que possuía, tanto em termos de recursos humanos bem como das máquinas já existentes. As empresas norte americanas ao serem deparadas

como esta situação, estudaram, através do MIT, em que consistiam os métodos utilizados pela Toyota e que apelidaram ao TPS o nome de *Lean Manufacturing* (Amin & Karim, 2013) que aparece pela primeira vez no livro “*The machine that changed the world*” (B. J. P. Womack & Jones, 1992)

Esta metodologia é conhecida por ser uma metodologia muito efetiva na melhoria contínua. As suas ferramentas inerentes são associadas a um aumento da produtividade, aumento da qualidade do produto e “*on time delivery*” aos clientes finais. (Chen et al., 2010a)

O *Lean manufacturing* inicialmente focava-se principalmente em reduzir variações e passos desnecessários no trabalho, eliminando o *muda* existente no processo produtivo. Atualmente, não só tem um grande foco no referido anteriormente, como também aborda o processo produtivo como um todo, começando na fase inicial do ciclo de vida do produto, passando pelos departamentos de compras, planeamento e manufatura, até à sua distribuição ao cliente final. (Mrugalska & Wyrwicka, 2017)

### 3.1.2 Pensamento *Lean* (*Lean Thinking*)

Após esta *mudança* no paradigma na indústria de processo com a introdução do *Lean*, começa a ganhar forma uma nova forma de liderança que tem por base a mesma filosofia. Começa-se então a separar a filosofia *Lean* em dois, *Lean Production* e *Lean Thinking*. (Salehi & Yaghtin, 2015)

Estes dois termos, segundo Womack & Jones, 1992, nascem quando é lançado o livro “*The machine that changed the world*” que estende todas as metodologias *Lean*, não só a outras indústrias e serviços, bem como dentro da organização, começando desde o topo até aos operadores das linhas.

*Lean thinking* é descrito como uma forma de liderança que tem por base a redução de desperdício, a criação de valor como base nas decisões estratégicas das empresas, o centro nas pessoas dentro da própria organização e otimizar toda a cadeia de valor. (Poppendieck, 2011)

Para que uma implementação *Lean* tenha sucesso, é necessária uma abordagem estruturada das ferramentas. Estas ferramentas serão descritas no ponto seguinte.

## 3.2 Princípios e Ferramentas da Metodologia *Lean*

Sabendo que esta metodologia, exposta no capítulo anterior, só será implementada com sucesso se forem utilizadas as ferramentas necessárias de uma forma estruturada, existe então a necessidade de explicitar algumas delas. Como nem todas as ferramentas *Lean* se enquadram no âmbito do presente caso de estudo, apenas serão consideradas as mais relevantes. Primeiramente, será explicado a ferramenta *Value Stream Mapping*, de seguida serão abordadas as diferenças entre valor acrescentado e desperdício e por fim será feita uma diferenciação entre a metodologia *Lean* e Kaizen.

### 3.2.1 Value Stream Mapping (VSM)

Segundo Grewal, 2008 a ferramenta *Lean VSM* permite explicitar e analisar todo o fluxo de informação e materiais de toda a cadeia de valor mostrando uma visão geral do processo. Através desta análise, também é possível identificar e analisar oportunidades de melhoria facilitando decisões estratégicas, com o objetivo de obter soluções otimizadas, mas com foco nas atividades de valor acrescentado. Estas compreensões no fluxo da cadeia de valor são bastante relevantes para o problema em questão pois o planeamento é um fluxo de informação com vários intervenientes e tarefas intermédias associadas.

Existe um passo a passo de implementação nesta ferramenta sugerido por Tapping D., Luyster T. (2002) que permite estruturar melhor a tomada de decisão, na otimização de fluxos de informação e materiais. O passo a passo é:

1. **Mapear Situação Atual** – Este passo na literatura é conhecido como o “*As is*” em que é feito um levantamento de todos os intervenientes da cadeia de valor desde o fornecedor até ao cliente e de todas as tarefas associadas aos mesmos.
2. **Analisar e Identificar Oportunidades de Melhoria do Passo Anterior** – Neste passo serão identificados os tempos de todos os processos identificados anteriormente e avaliá-los entre desperdício (ou *muda*) e valor acrescentado. Ambos os conceitos serão explicados no próximo subcapítulo.
3. **Mapear a Situação Futura** – Por último, este passo, também conhecido como “*As should be*” consiste na redução ou otimização das tarefas identificadas anteriormente. Através deste último mapa surgirão várias ações de melhoria ao processo.

Mais uma vez e segundo o que tem sido descrito da metodologia *Lean*, para esta ferramenta ser eficaz, o envolvimento de todas as pessoas é crucial para o sucesso desta implementação. (Tapping D., Luyster T., 2002)

### 3.2.2 Valor Acrescentado e Desperdício

Uma vez descrita e contextualizada a metodologia *Lean* torna-se então relevante, neste capítulo, introduzir algumas das principais ferramentas associadas. Neste âmbito, é bastante relevante definir os conceitos de valor acrescentado e valor não acrescentado (desperdício) que nesta metodologia é descrito como *muda*. Tal como Hicks, 2007 afirma, a metodologia *Lean* tem como objetivo a eliminação dos desperdícios de um processo produtivo de forma a poder dar o máximo de valor acrescentado ao cliente.

Qualquer tarefa industrial ou de serviço pode ser dividida em 2 grupos de tarefas: tarefas que acrescentam valor e tarefas que não acrescentam valor. (Bartoli & Silva, 2015)

J. P. Womack & Jones (1997) definem que o conceito associado ao valor é definido não pelas empresas, mas pelo cliente, sendo que valor é “tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar” sendo que se torna então crucial, que todas as tarefas produtivas definidas pela empresa sejam regidas por

esta premissa, sendo que todas essas atividades expressão as necessidades e as exigências feitas pelos clientes.

O conceito de desperdício, ou também conhecido por *muda* é definido por toda a atividade que não acrescenta valor para o cliente final. (Chen et al., 2010b) Estes autores defendem ainda que ao reduzir todas as atividades que não acrescentam valor para o cliente final, não só aumenta a eficiência da produção como também é a melhor forma de aumentar a vantagem competitiva face à concorrência. Segundo os mesmo autores, o *muda* está dividido em 7 categorias: Retrabalho, Excesso de Produção, Sobre Processamento, Espera de Materiais, Espera de pessoas, Movimento de Pessoas e Movimento de Material. (Tapping D., Luyster T., 2002)

- **Retrabalho:** Neste *muda*, são consideradas todas as atividades que ocorrem devido a um erro que leva a um reprocessamento ou retrabalho de uma tarefas
- **Excesso de Produção:** *Muda* associado a excesso de produção que levam à produção de *stocks*
- **Sobre Processamento:** Neste *muda* estão contempladas todas as tarefas extra que são realizadas durante um processo e que não acrescentam valor para o consumidor final
- **Espera de Materiais:** Neste desperdício estão englobadas todas as tarefas associadas ao tempo de espera de materiais
- **Espera de Pessoas:** Neste caso, e à semelhança do *muda* anterior, encontram-se todas as tarefas associadas ao tempo de espera por pessoas. Casos como operadores parados ou com impossibilidades em poder efetuar a sua tarefa de valor acrescentado são alguns exemplos deste *muda*
- **Movimento de Pessoas:** Aqui são contempladas as tarefas associadas ao movimento desnecessário por parte dos operadores.
- **Movimento de Material:** Por último, neste *muda* as tarefas associadas são as deslocações de materiais ou de informação que pode ser física ou digital.

Estes dois conceitos *Lean*, de valor acrescentado e *muda*, são dois conceitos muito importantes para utilizar de forma estruturada as ferramentas associadas a esta metodologia. Posteriormente será explicada a ferramenta *Value Stream Mapping*, que utiliza por base a caracterização das tarefas nestas duas categorias. Este conceito torna-se muito relevante após a Toyota utilizar para base de todas as otimizações a definição de desperdício e valor acrescentado.

### 3.2.3 Diferença entre *Kaizen* e *Lean*

Por vezes, a metodologia *Lean*, descrita anteriormente, é confundida com a metodologia *Kaizen*. Apesar de serem relacionadas, não são iguais. Segundo o autor Ortiz, 2010, *Lean* é uma estratégia de longo prazo de redução e remoção de desperdício nos processos e que de uma forma ou de outra não sejam atividades de valor acrescentado. *Kaizen*, como também foi referido anteriormente significa melhoria continua em japonês. Ou seja, para um resultado *Lean* é essencial recorrer ao pensamento *Kaizen* de forma a envolver todas as pessoas, criar valor para o consumidor final, ser eficaz no gembu, ser eficiente no fluxo e ter por base a gestão visual para medir o impacto das melhorias efetuadas.

### 3.2.4 Ferramentas *Kaizen Lean* de Apoio à Estratégia do Planeamento de Produção

O objetivo da metodologia *Lean* é o de reduzir o desperdício aumentando as tarefas de valor acrescentado num processo. (J. P. Womack & Jones, 1997) Para isso um dos aspetos chave para atingir este objetivo é o de aplicar a metodologia *Just-In-Time* e a de utilizar sistemas em *pull* de forma a limitar os inventários e a reduzi-los ao longo da cadeia de abastecimento. (Puchkova et al., 2016)

A otimização do planeamento de produção e a gestão de inventários são fundamentais para a valorização da gestão da cadeia de abastecimento e para um aumento da vantagem competitiva por parte da empresa. Segundo Nagib et al., 2016 a implementação de um processo de gestão e otimização do inventário é, de um modo geral, importante para satisfazer as necessidades requeridas pelos clientes, no *lead-time* e quantidade desejados e pelo menor custo possível de forma a tornar o processo mais rentável e a ganhar uma maior vantagem competitiva face aos concorrentes de mercado.

Na literatura estudada para a realização deste projeto, os sistemas de produção **Push e Pull** foram os dois sistemas encontrados para responder a um planeamento de produção. (Wu, 2019)

#### Sistema em *Push*

Segundo os autores Puchkova et al., 2016, o sistema *Push* é a abordagem de produção mais convencional. No sistema *push*, a sequência de produção é feita o mais rápido possível de forma a utilizar o máximo de capacidade possível nas máquinas existentes. No caso do planeamento de produção, este é baseado em previsões de encomendas. As características deste sistema permitem reduzir os *lead times* de entrega ao cliente visto que o *stock* de produto intermédio ao longo do sistema e o *stock* de produto acabado são elevados. Possíveis variações na procura neste tipo de sistemas podem não ser um problema devido à quantidade de *stock* que existe ao longo do processo. (Puchkova et al., 2016) No entanto, segundo os mesmos autores, o sistema *Push* pode ter como desvantagens o alto valor em *stocks*, alto risco de obsolescência do *stock* e uma baixa rotação nos mesmos. Este sistema pode ser descrito de uma forma genérica conforme está desenhado na figura 11.

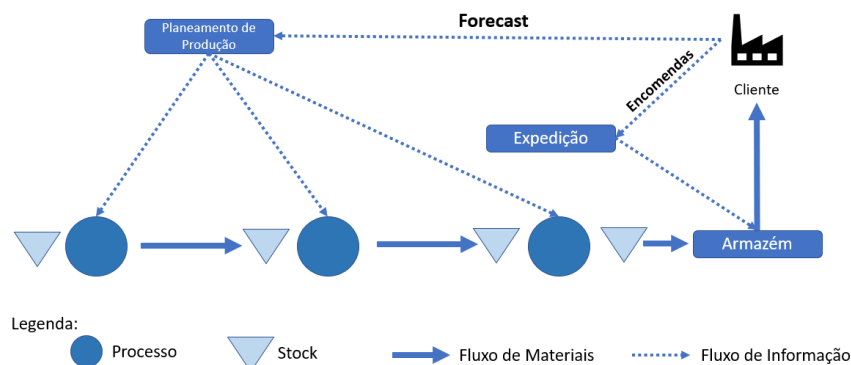


Figura 11 - Sistema de Produção em *Push*

## **Sistema em *pull***

Por outro lado, os **sistemas em *pull***, também associados ao *Just-in-Time*. (Puchkova et al., 2016) não funcionam por base em modelos de previsão da procura, mas sim tendo por base encomendas firmes por parte dos clientes. Neste caso, as várias tarefas do processo produtivo são ativadas segundo uma necessidade a jusante da tarefa de forma a poder reabastecê-las através de um sinal normalmente representados por cartões. Neste contexto, estes sinais de produção geralmente são conhecidos por *Kanban* (Bonney et al., 1999) (Puchkova et al., 2016)

Segundo os mesmos autores, este sistema favorece os níveis de serviço e as exigências por parte dos consumidores e coloca os níveis e *stock* de produto acabado e intermédio em níveis baixos, contudo têm algumas limitações por funcionarem com níveis de inventário tão baixos. Disrupções na procura, problemas associados às tarefas produtivas da cadeia de abastecimento podem atrasar as datas e quantidades de entrega ao cliente final não satisfazendo assim as suas necessidades.

Por norma o sistema *pull* (ou *Just in Time*) é associado à estratégia *MTO* (*Make to Order*) (Nagib et al., 2016) contudo, é possível combinar o sistema *pull* com a estratégia *MTS* (*Make to Stock*) ou então combinar as duas estratégias e fazer um híbrido *MTS-MTO* e manter o principal objetivo de produzir segundo uma encomenda firme de um cliente. (Wu, 2019) (Yano et al., 2019)

Antes de definir e analisar a literatura proposta para as estratégias combinadas de *pull* com *MTS* e *MTO*, importa antes definir os conceitos de *MTO* e *MTS*. Para a estratégia *MTS*, os autores Fernandes et al., 2014 defendem que a produção só é iniciada antes de ocorrer procura. O sistema neste caso produz sobre previsões e não sobre encomendas firmes colocadas pelo cliente. Por outro lado, os mesmos autores defendem que a estratégia *MTO* só inicia a produção após uma encomenda firme por parte do cliente. Neste caso o sistema produz segundo encomendas firmes e não por base em previsões sendo que o *stock* de produto acabado é reduzido substancialmente.

### **Sistema *pull* com uma estratégia *MTO***

No **sistema combinado de *pull* com uma estratégia *MTO***, a produção só é iniciada após o despoletar de uma encomenda firme de um cliente. O cliente receberá a sua encomenda logo após a conclusão da produção. Nesta estratégia, não haverá inventário ao longo da cadeia de valor pois apenas será iniciada a produção após a encomenda do cliente, eliminando assim por completo o *stock* de produto intermédio. Como o produto é entregue ao cliente após ter sido produzido, não haverá também *stock* de produto acabado. (Yano et al., 2019)

Apesar do acima descrito, este sistema acarreta alguns riscos em certas condições. Apesar do baixo nível de *stock*, este utiliza como premissa que o cliente está disposto a esperar pelo produto acabado. Se o tempo de espera for uma vantagem competitiva, este não é o sistema indicado. (Kaminsky & Kaya, 2009; King, 2009) Neste contexto, também é preciso ter em conta as filas de espera nas máquinas pois se há um pico de procura num momento inesperado, é possível que a produção não consiga corresponder à procura. (Nagib et al., 2016)

Por isso, este sistema costuma ser aplicado em situações em que o cliente coloca encomendas de pequeno volume e altamente customizadas. (Tadeuz & Maruf, 2016)

Na figura 12, é possível verificar esta estratégia numa demonstração meramente exemplificativa.

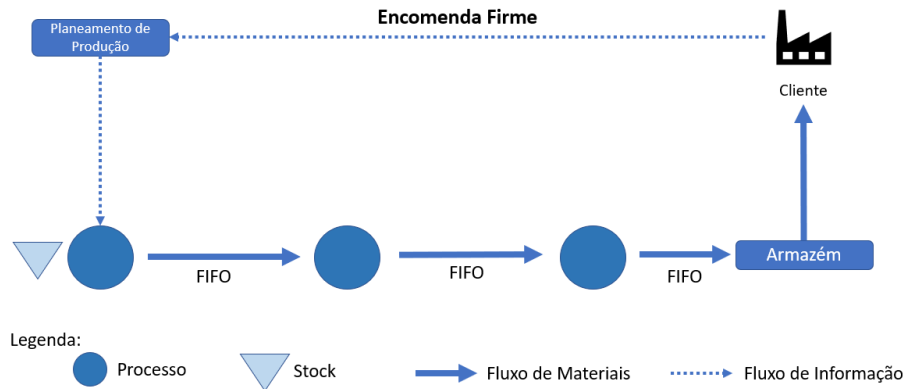


Figura 12 – Exemplificação de uma estratégia Pull MTO

### Sistema pull com uma estratégia MTS

Por outro lado, o **sistema pull combinado com a estratégia MTS**, é utilizado quando o cliente coloca encomendas de grande volume, padronizadas e quando não se encontra disponível para esperar o tempo de processamento do produto. (Renna, 2016; Tadeuz & Maruf, 2016) Segundo os mesmos autores, esta política é utilizada também para combater a incerteza na procura.

Ao contrário do sistema anterior, existe inventário ao longo da cadeia de abastecimento, na forma de produto acabado, intermédio ou ambos, construindo um sistema de reposição ao longo da cadeia, em forma de supermercado. Este supermercado encontra-se dimensionado em função da procura para que não haja rotura de *stock* enquanto está a ser produzida outra referencia na cadeia. (King, 2009)

Conforme é possível confirmar pela figura 13, o cliente ao colocar uma encomenda firme de produto acabado no fim da cadeia, a sua necessidade será satisfeita com *stock* que esteja no último supermercado e que irá despoletar um sinal em forma de cartão na atividade a jusante de forma a ser reposto o *stock* nas quantidades previamente dimensionadas. Este aviso fará com que todas as atividades anteriores satisfaçam o pedido das atividades a montante.

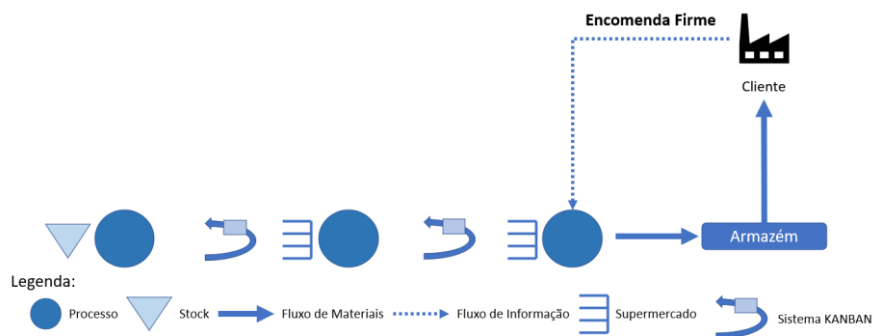


Figura 13- Exemplificação de uma estratégia Pull MTS

Uma das características deste sistema é o supermercado e o sistema KANBAN na reposição de *stocks* e por isso torna-se relevante explicar ambos os conceitos.

### **Sistema de Reposição Kanban**

O sistema **Kanban**, é um sistema que normalmente é associado ao planeamento de produção em *pull*. O autor James Vatalaro, 2005 descreve esta ferramenta como sendo uma ferramenta visual de reposição que conecta efetivamente o consumo e o pedido nas fases intermédias do processo que existem em toda a cadeia de valor. Segundo o mesmo autor, KANBAN é muito efetivo pois sustenta-se em tempo real, consumos atuais, sem uma previsão hipotética de consumos.

O sistema de reposição *Kanban* não é nada mais do que uma ferramenta do gembu em forma de cartão que serve para que as atividades que estejam a jusante, informem as atividades a montante de um consumo efetuado. (Melton, 2005) Segundo os autores Powell et al., 2010, o cartão *kanban* neste tipo de sistemas, é o que dá a ordem para que um produto seja produzido.

### **Supermercados**

Uma forma de produzir em grandes quantidades e ao mesmo tempo controlar os níveis de *stocks*, é através de supermercados. (Subramani, 2014) Este conceito é definido por Roser & Nakano, 2015, como um número de linhas em FIFO (First in First Out) e em paralelo, uma para cada parte produzida no sistema produtivo em causa. Sempre que uma parte é retirada da sua linha no supermercado, tem de existir um fluxo de informação que garanta que a comunicação entre a atividade a montante e a jusante saibam desse consumo e que devem reposicionar o nível de *stock* da linha para os níveis dimensionados para tal. (Lu et al., 2011; Roser & Nakano, 2015)

Sendo que ambos os sistemas *pull*, tanto o *MTS* como o *MTO*, têm as suas vantagens e respetivas desvantagens, o mercado começou a utilizar uma estratégia mais híbrida entre o *MTS* e o *MTO*. (Kaminsky & Kaya, 2009; Nagib et al., 2016)

### **Sistema pull com uma estratégia híbrida de MTS-MTO**

O sistema **pull com uma estratégia híbrida MTS-MTO**, é utilizado quando o produto acabado e o perfil do consumidor final variam. Por um lado, este sistema satisfaz uma produção de produtos acabados standardizados em que a procura não só exige grandes quantidades como também é regular, produzindo então para *stock* nos supermercados. Por outro lado, se a carteira de produtos for variada e existirem referências que sejam altamente customizadas em que a procura seja irregular e em pequenas quantidades, será então utilizada a estratégia *MTO* em que uma encomenda firme despoletará a produção no início da cadeia de valor. (Beemsterboer et al., 2016) (Nagib et al., 2016)

Neste sistema híbrido, a cadeia de valor consegue absorver as vantagens de ambos os sistemas pois se por um lado ao utilizar a estratégia *MTO* está a tirar partido de não incrementar o *stock* de produto acabado e intermédio sendo que o risco neste perfil de produtos é o facto de poderem ficar obsoletos, por outro consegue aproveitar-se de ter um *stock* bem dimensionado ao longo da cadeia de valor para produtos com um perfil de alta rotação e que sejam encomendados em grandes quantidades. Ambas



as estratégias são caracterizadas por apenas despoletarem a produção após uma encomenda firme por parte do cliente fazendo com que a produção não tenha por base previsões da procura. (Kaminsky & Kaya, 2009; Nagib et al., 2016)

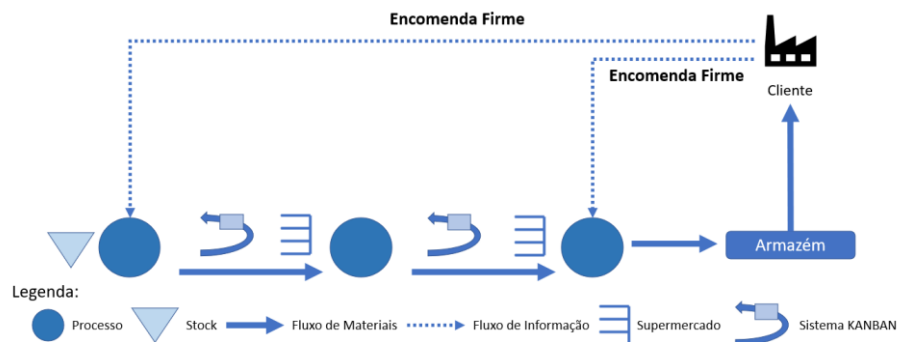


Figura 14 - Exemplificação de uma estratégia híbrida Pull MTS-MTO

Conforme pode ser confirmado pela demonstração exemplificativa da figura 14, a estratégia *MTS* é utilizada com um sistema de reposição em supermercados com sinais de reposição em *Kanban* e a estratégia *MTO* é utilizada após uma encomenda firme despoletar o início de produção.

## Balanceamento de carga

Para uma implementação *Lean* ser bem-sucedida, um dos fatores basilares é nivelar a produção de forma a otimizar a linha de produção. (Lippolt & Furmans, 2008). Segundo o mesmo autor, as encomendas por parte dos clientes podem chegar a um ritmo constante se for visto numa ótica de longo prazo, contudo se for visto a curto prazo, são inconstantes e imprevisíveis.

Na metodologia *Lean*, a literatura propõe um conceito de nivelamento denominado por heijunka, que significa nivelar ou suavizar em japonês (Schiraldi, 2013). Este conceito é uma das ferramentas *Lean* e serve para distribuir os trabalhos que normalmente requerem mais mão de obra e trabalho direto de forma a permitir uma maior utilização média da máquina/ tarefa produtiva assumindo que o tempo de ciclo é mantido constante ao longo do tempo. (İşler & Güner, 2014)

O nivelamento, segundo a literatura, cria um fluxo constante num modelo mixto de produção e reduz ou elimina a necessidade de dividir a capacidade ou *stock* de lidar com picos de procura. (Lippolt & Furmans, 2008) Esta ferramenta ajuda no sequenciamento de produção de forma a que, tendo em conta a sequência ótima das *SKU's* e não a sequência pela ordem de chegada, este sequenciamento seja agendado de forma a que todas as referências em causa sejam produzidas. (Bohnen et al., 2011)

Segundo os autores, Lippolt & Furmans, 2008, existem duas fases no nivelamento da produção:

### 1. Nivelamento do total da produção

Nesta primeira fase, serão especificados a quantidade e o tipo de produto a serem produzidos num turno. O cálculo começa com a encomenda mensal para cada variação de produto. A quantidade para um determinado horizonte de nivelamento por cada variação de produto é dividida pelo número total de turnos disponíveis para produção. Assim sendo, consegue-se ter como resultado o nivelamento por

cada variação de produtos e o tempo de ciclo para todos os produtos encontrados. Na lógica da metodologia *Lean*, o autor afirma que um dos fatores críticos é o de produzir todas as partes em todos os intervalos (*Every Part Every Interval – EPEI*).

## 2. Nivelamento do *mix* de produtos

Nesta segunda fase, a sequência de produção das encomendas por turno é determinada o que leva a um nivelamento e sequenciamento mais fino do *mix* de produtos. O resultado do nivelamento é a sequência de produção com um fluxo contínuo ajustado à procura do cliente e a uma utilização equilibrada nas várias fases do processo.

Após o nivelamento, é então criada uma caixa dimensionada em supermercado (conceito descrito anteriormente) que será gerido por uma “caixa de correio” com cartões Kanban que ao serem removidos pela ordem correta despoletarão uma atividade produtiva. (Lippolt & Furmans, 2008)

## Metodologia ABC-XYZ

Após o estudo de uma metodologia que nivele a produção, surge a necessidade de estudar metodologias que nos classifiquem os materiais como material para ser produzido para *stock* e material para ser produzido segundo uma encomenda. Após algum estudo na literatura, vários autores sugerem uma análise ABC-XYZ. (Buliński et al., 2013; Powell et al., 2010; Stojanović & Regodić, 2017)

A análise ABC-XYZ surge nos anos 50 na *General Electrics* e desde então é uma metodologia muito usada em vários processos industriais mundiais. (Stojanović & Regodić, 2017) Segundo o autor, Buliński et al., 2013, a análise ABC-XYZ é uma análise que determina a política de compra, o planeamento de produção e a gestão de armazenamento.

Ambos os autores dividem esta análise em duas fases. A análise ABC e a classificação XYZ.

### Análise ABC

A análise ABC facilita a monitorização de *stocks* tal como a determinação de potenciais *stocks* ou *SKU's* críticos que contribuam de uma forma mais significativa para os objetivos estratégicos do decisor. Esta análise consegue fazer esta gestão em vários níveis em função da sua relevância. (Stojanović & Regodić, 2017)

Segundo a literatura, esta metodologia rege-se pela regra de Pareto, ou seja, observa-se que uma quantidade bastante reduzida das referências produzidas tem bastante impacto nos objetivos estratégicos e financeiros da empresa por outro lado observa-se que a grande parte das referências não têm tanto impacto nos objetivos já mencionados. (Stojanović & Regodić, 2017)

Segundo o mesmo autor, 20% das referências produzidas costumam representar 80% das vendas e vice-versa, 80% das referências representam 20% das vendas. A combinação dos métodos permite-nos classificar os produtos em 3 grupos gerais:

- A – Neste grupo entram as 20% das referências que representam 80% das vendas

- B – Neste grupo entram as referências que contribuem com 15% das vendas
- C – Neste grupo entram todas as restantes referências, por isso as referências que representam 5% das vendas

A separação destes grupos pode ser verificada na figura 15 sendo que, estes grupos definidos pelo autor não são fixos e dependem de caso para caso sendo que se adaptam às necessidades reais de cada empresa. (Stojanović & Regodić, 2017)

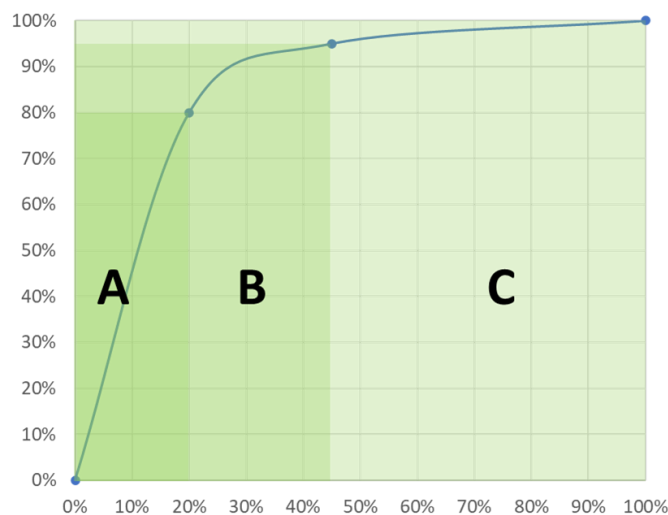


Figura 15 - Gráfico Pareto ABC

Esta análise é conhecida pela sua simplicidade, contudo muitos autores criticam o facto de só ter em conta um parâmetro. Surge então a necessidade de adicionar um parâmetro extra e neste caso será estudada a classificação XYZ proposta pela literatura. (Buliński et al., 2013; Stojanović & Regodić, 2017)

### Classificação XYZ

A classificação XYZ deriva da metodologia ABC e baseia-se na classificação dos produtos segundo um rácio de vendas tendo por isso um papel fulcral na gestão de *stocks*. (Buliński et al., 2013) Esta divisão tem o intuito de não só classificar os nossos produtos segundo uma percentagem das vendas, mas também ter em conta a frequência com que o produto é vendido. (Buliński et al., 2013)

Neste sentido, o autor classifica os produtos em três grupos:

- Grupo X: Produtos com uma alta frequência de vendas. Estes produtos são caracterizados por terem uma procura constante, mas elevada num intervalo de tempo de um ano. (Stojanović & Regodić, 2017)
- Grupo Y: Produtos com uma frequência de vendas mediana. Neste grupo, os produtos são caracterizados por terem uma procura menos constante que o grupo anterior e com alguns picos no intervalo de tempo de um ano. (Stojanović & Regodić, 2017)
- Grupo Z: Produtos com uma baixa frequência de vendas. Por fim, neste grupo entram todos os produtos que não costumam ter uma procura contante durante o ano, mas que têm picos em alguns meses. (Stojanović & Regodić, 2017)

O primeiro passo para classificar os produtos segundo esta classificação é a de definir um ranking segundo um critério de variação de procura. Neste caso, o critério de classificação é o quociente entre o desvio padrão e a média das vendas. A fórmula para este critério pode ser confirmada na equação 2: (Stojanović & Regodić, 2017)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^2}{N}} \quad (2)$$

A seguir a ser aplicado o critério de classificação divide-se os produtos pelos 3 grupos já descritos anteriormente. No grupo X entram os produtos com classificação entre 0% e 10%, no grupo Y entram os produtos que estão classificados entre 10% e 25% e no grupo Z entram os restantes. (Stojanović & Regodić, 2017)

Assim sendo, e combinando ambas as propostas apresentadas anteriormente, resulta o modelo ABC-XYZ. Este modelo fica então com 9 grupos de categorias de produtos sendo que começa no grupo AX e acaba no grupo CZ. (Buliński et al., 2013; Powell et al., 2010; Stojanović & Regodić, 2017)

Tabela 1 - Combinação da Metodologia ABC com a Classificação XYZ

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>X</b>	AX	BX	CX
<b>Y</b>	AY	BY	CY
<b>Z</b>	AZ	BZ	CZ

Segundo os autores Buliński et al., 2013; Stojanović & Regodić, 2017, existem características gerais dos produtos associados a cada um dos grupos conforme pode ser confirmado pela tabela 2

Tabela 2 - Características dos Produtos segundo a Metodologia ABC-XYZ

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>X</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Elevado;</li> <li>• Alta Previsibilidade na Procura</li> <li>• Procura Continua .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor mediano</li> <li>• Alta Previsibilidade na Procura</li> <li>• Procura Continua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Baixo</li> <li>• Alta Previsibilidade na Procura</li> <li>• Procura Continua</li> </ul>
<b>Y</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Elevado</li> <li>• Previsibilidade na Procura Mediana</li> <li>• Procura Flutuante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Mediano</li> <li>• Previsibilidade na Procura Mediana</li> <li>• Procura Flutuante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Baixo</li> <li>• Previsibilidade na Procura Mediana</li> <li>• Procura Flutuante</li> </ul>
<b>Z</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Elevado</li> <li>• Baixa Previsibilidade na Procura</li> <li>• Procura Irregular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Mediano</li> <li>• Baixa Previsibilidade na Procura</li> <li>• Procura Irregular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor Baixo</li> <li>• Baixa Previsibilidade na Procura</li> <li>• Procura Irregular</li> </ul>

Após ter sido analisada a literatura inerente à metodologia ABC-XYZ, e de ter sido explicito que esta metodologia, para além de outras funcionalidades, consegue classificar os produtos em categorias de forma a categorizar melhor as compras torna-se então necessário explicitar os conceitos de *Buy-To-Stock* e *Buy-To-Order* (doravante BTS e BTO, respetivamente)

Segundo os autores Grabež & Vranješ-Baričić, 2014 da mesma forma que os produtos são classificados, na fase de produção, entre *MTS* e *MTO* (conceitos já revistos anteriormente) também é

possível serem classificados na fase de compra aos fornecedores, a montante na cadeia de valor, entre BTS e BTO.

O conceito BTS refere-se aos produtos que devido às suas características de ser previsível em relação à procura, elevados volumes de encomenda e elevados *lead-time* de entrega, torna-se necessário comprar para *stock*. Por outro lado, no conceito BTO os produtos são caracterizados por serem muito customizados, por terem um baixo *lead-time* e uma alta variedade na procura e que se torna necessário comprar segundo uma ordem firme do cliente. (Grabež & Vranješ-Baričić, 2014)

### 3.2.5 Ferramentas *Kaizen Lean* de Apoio à Eficiência das Linhas de Produção

Neste subcapítulo, vão ser revistos os métodos que a literatura sugere de apoio ao aumento da eficiência das linhas de produção. Antes de mais, surge a necessidade de definir eficiência e qual o método que a literatura utiliza de forma a medir a eficiência dos equipamentos de forma normalizada.

Após uma pesquisa na literatura, é sugerido o parâmetro de medição denominado *Overall Equipment Efficiency* (doravante *OEE*). (Horenbeek et al., 2014; Sahu et al., 2015)

Contudo, antes de definir e contextualizar o conceito *OEE*, será primeiramente apresentado os diferentes tempos de produção existentes numa indústria. Segundo o autor (Sahu et al., 2015) os vários tempos associados ao *OEE* são:

- **Tempo de Abertura:** Tempo disponível do equipamento para produzir
- **Tempo Disponível:** Tempo em que a máquina efetivamente estava a produzir
- **Tempo de *Set-up*:** Tempo em que o equipamento está a efetuar uma troca nos produtos produzidos
- **Tempo de Paragem Planeada:** Tempo em que a máquina estava parada de forma a poder realizar manutenções preventivas
- **Tempo de Paragem Não Planeada:** Tempo em que a máquina esteve parada devido a motivos alheios tais como falta de carga, falta de operadores e avarias no equipamento.

O *OEE* é uma medida quantitativa de produtividade que surge através do conceito de TPM introduzido por Nakajima em 1988 e é definido como a medição total de performance de um equipamento. (Horenbeek et al., 2014) O *OEE* é uma medida que pode ser aplicada em vários diferentes níveis dentro das operações internas para aumentar a produtividade. Primeiro, o *OEE* pode servir de *Benchmark* para medir a performance inicial da operação na sua totalidade. Neste sentido, o *OEE* inicial poderá ser comparado com um *OEE* futuro. Segundo o valor de *OEE* pode ser utilizado para comparar as performances das atividades dentro de um processo destacando assim as atividades com um pior rendimento. Por último, se uma operação funciona individualmente, o *OEE* pode medir e identificar qual o processo com pior rendimento. (Sahu et al., 2015)

Ambos os autores concordam que a medição do *OEE* se divide em três grandes grupos:

## Disponibilidade

Este parâmetro é calculado através do rácio do tempo em que a máquina esteve efetivamente disponível para produção e o tempo de abertura. Aqui são medidas todas as perdas de eficiência devido a paragens planeadas e não planeadas. Dentro das paragens planeadas encontram-se os tempos de *set-up*, os tempos de manutenções planeadas, férias e paragens devido a falta de carga. Nas paragens não planeadas entram as avarias por falhas no equipamento.

Por isso o resultado deste rácio será a percentagem do tempo total em que a máquina podia estar a produzir e que efetivamente estava disponível.

## Desempenho

Neste parâmetro, são tidas em consideração todas as perdas por desempenho (performance) durante o período em análise. Essas perdas de performance podem ser perdas de velocidade de produção e microparagens.

Este parâmetro é calculado através do rácio entre o tempo de produção efetiva, quantidade produzida a dividir pela velocidade, e o tempo disponível.

## Qualidade

Por fim são consideradas as perdas de eficiência devido a falhas na qualidade. São caracterizadas perdas por qualidade sempre que o equipamento esteja efetivamente a produzir, mas a produção final não seja considerada boa para o cliente final. Este parâmetro é calculado através do rácio entre o tempo em que o equipamento esteve a produzir produtos de qualidade e o tempo em que esteve a produzir todos os produtos, com qualidade e sem qualidade.

O resumo destes três parâmetros pode ser observado através da figura XPTO onde está esquematizado as várias perdas de eficiência do equipamento. Esta imagem é sugerida pelo autor Horenbeek et al., 2014.

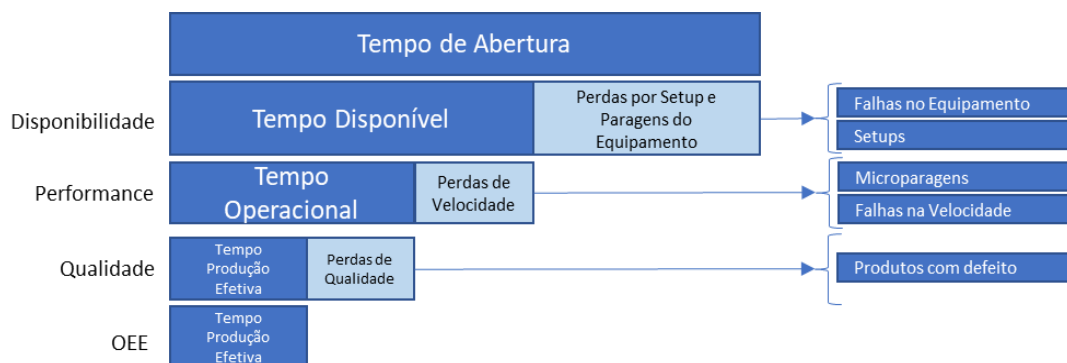


Figura 16 - Overall Equipment Efficiency

De forma a reduzir as perdas de eficiência associadas à performance e disponibilidade (onde os *set-ups* estão incluídos) a literatura apresenta várias ferramentas.

## Gráfico de Pareto

A regra de Pareto é também conhecida pela regra do 80/20 em que significa que 20% dos esforços representam 80% dos resultados. Contextualizando esta regra no problema em questão, 80% dos problemas estão representados por 20% das causas. (Brook, 2014)

Neste caso em concreto onde está a ser avaliado o *OEE*, esta regra torna-se relevante para perceber quais são os 20% dos motivos que causam 80% dos problemas. Esta ferramenta torna-se bastante útil na avaliação das causas das paragens (planeadas, não planeadas e microparagens). (Hervian & Soekardi, 2016)

## Diagrama de Ishikawa

O diagrama de *Ishikawa* ou diagrama de espinha de peixe, é um diagrama que ajuda a perceber a relação causa e efeito de forma a conseguir identificar melhor a causa raiz do problema em questão. Este diagrama também é conhecido pelo diagrama dos 6M's pois coloca nas suas espinhas 6 grupos: Método, Mão de Obra; Meio Ambiente; Máquina, Materiais e Medição. (Caswito & Hidayat Sutawijaya, 2019; Nusraningrum & Arifin, 2018)

A figura 17 exemplifica esquematicamente como é um diagrama de *Ishikawa*:

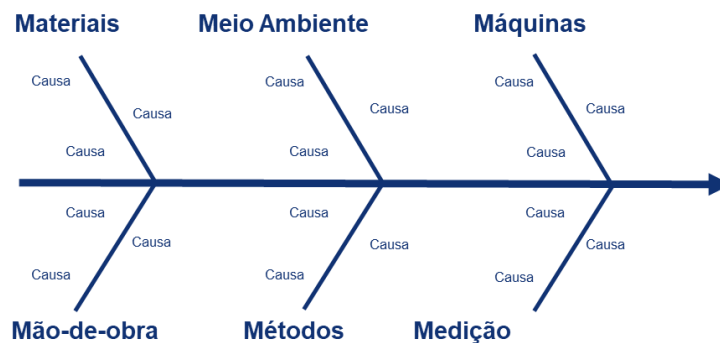


Figura 17 - Diagrama de Ishikawa

Este método é importante para identificar as causas raiz que originam paragens não planeadas diminuindo assim o tempo disponível prejudicando a eficiência global do equipamento. (Hervian & Soekardi, 2016)

## Single Exchange Minute of Dies (SMED)

De forma a aumentar o tempo disponível reduzindo as perdas associadas aos *set-ups*, a literatura sugere a ferramenta *SMED*. (Dave & Sohani, 2012; Manuel & Garcez, 2015)

A ferramenta *SMED* é um dos muitos métodos Lean para reduzir o desperdício nas tarefas de produção. Esta ferramenta ajuda a que a troca de um produto para o outro seja feita no mínimo tempo disponível. (Dave & Sohani, 2012) Segundo o mesmo autor, o objetivo primordial desta ferramenta é a redução do tempo total de *set-up*.

A frase *Single Exchange Minute of Dies* não quer dizer literalmente que um *set-up* tenha de ser feito no espaço de tempo de um minuto, mas sim em menos de 10 minutos. Assim sendo, *Single Minute* quer antes dizer fazer o *set-up* em menos de um número com uma casa decimal. (Manuel & Garcez, 2015)

Ambos os autores concordam que existem dois tipos de *set-ups*: O *Set-up* Interno e o *Set-up* Externo. No *Set-up* Interno, estão incluídas todas as atividades que só podem ser realizadas com o equipamento desligado. Por outro lado, o *Set-up* Externo inclui todas as outras atividades que podem ser feitas antes da máquina parar. A ideia geral é a de reduzir ao máximo o tempo total utilizado para atividades internas eliminando-as ou passando-as para atividades externas. (Dave & Sohani, 2012; Manuel & Garcez, 2015)

Aplicando esta ferramenta nos processos industriais, fará com que aumente a flexibilidade e, através da redução do tempo de troca de produtos, diminuir a quantidade total do lote. (Dave & Sohani, 2012)

Esta ferramenta para ser utilizada requer 4 passos: (Manuel & Garcez, 2015)

1. **Observar a situação atual:** Neste passo o habitual é gravar em vídeo as várias tarefas do *set-up* acompanhando cada interveniente na sua atividade.
2. **Identificar e separar as atividades internas e externas:** Com o auxílio do vídeo feito no passo 1, identificar o que são tarefas internas e externas e mapeá-las num cronograma. Neste passo deverão ser colocadas as tarefas externas nas pontas e as internas no núcleo do cronograma.
3. **Converter atividades internas em externas:** Após o alinhamento das tarefas internas e externas, terão de ser identificadas tarefas internas que poderão ser classificadas como tarefas externas
4. **Redução ou Eliminação do Trabalho Interno:** Neste passo o objetivo é o de reduzir as tarefas de *set-up* interno com ideias inovadoras.
5. **Redução ou Eliminação do Trabalho Externo:** O objetivo deste passo é semelhante ao passo anterior. Reduzir as tarefas externas com ideias inovadoras.

Para que esta ferramenta se mantenha a funcionar, é importante que todas após a realização destes passos, sejam criados standards ou normas e que as pessoas envolvidas no processo sejam treinadas recorrentemente.

### 3.3 Síntese do Capítulo

Após ter sido explicitado o estado de arte, este capítulo serviu não só para contextualizar a metodologia Lean, como também apresentar os seus principais princípios e ferramentas. Estas ferramentas estão enquadradas com o problema inicial identificado que é a redução do *lead-time* e o aumento da eficiência das linhas de forma a aumentar o nível de serviço aos clientes.

Todas as ferramentas apresentadas enquadram-se no problema e foram descritas de forma evolutiva. Numa primeira fase de planeamento terá de ser realizado um VSM e numa fase mais estratégica serão utilizadas as ferramentas de apoio à estratégia no planeamento de produção em que estão incluídas a definição de *Push/Pull*, Balanceamento de Cargas e definição de BTS/BTO.



De seguida foram apresentadas as ferramentas de auxílio à implementação e aumento da eficiência das linhas propostas começando por definir o conceito de *OEE* e de seguida apresentando uma ferramenta que ajuda na redução dos tempos de *set-up*, um dos motivos críticos na eficiência das linhas.



## 4 Metodologia Proposta

Ao longo dos capítulos anteriores, foi feita uma contextualização da metodologia Lean, a sua história, princípios e as principais ferramentas. Para dar resposta ao problema descrito no capítulo 2, foram estudadas as ferramentas que melhor se enquadravam na definição da solução

De forma a propor uma metodologia, aplicando as várias ferramentas estudadas no capítulo anterior, surge então o capítulo 4 com a proposta da metodologia para o caso de estudo em específico.

A proposta de metodologia encontra-se definida na figura 18:

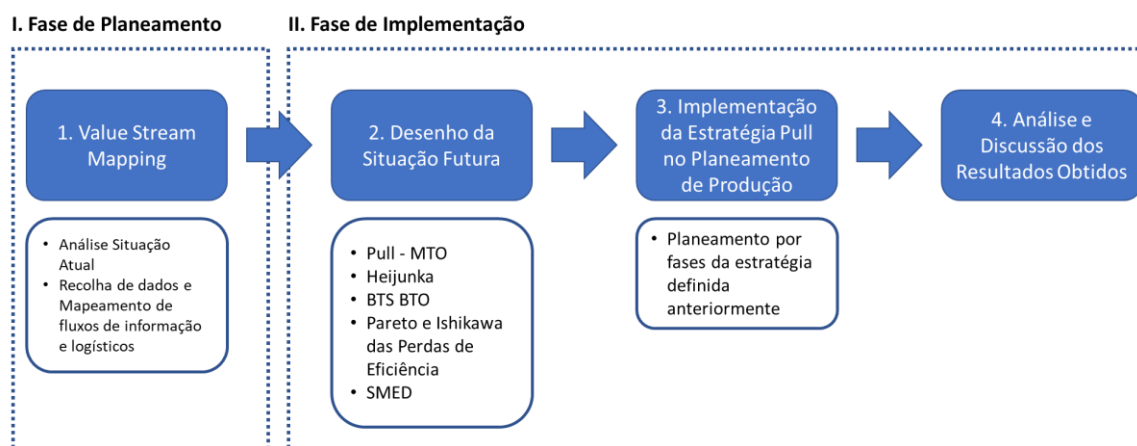


Figura 18 - Metodologia Proposta para Aplicação ao Caso de Estudo

### I. Fase de Planeamento

Nesta fase de planeamento será aprofundado o problema inicial que já foi descrito no capítulo 2. Aqui será utilizada a ferramenta VSM que faz uma análise da situação atual através de uma recolha de dados exaustiva, bem como um mapeamento do fluxo de informação e logístico, de forma a descrever o problema com maior detalhe. Esta ferramenta requer uma equipa multidisciplinar, de forma a ter o máximo de informação possível daí que a descrição do problema no capítulo 2 ser relevante, mas não com o detalhe exigido. Desta fase de planeamento saíram as maiores oportunidades de melhoria do projeto.

### II. Fase de Implementação

Após uma descrição detalhada da situação atual e de terem sido recolhidos todos os dados necessários para a descrição do problema, será realizada a segunda fase de implementação. Esta fase encontra-se dividida em 3 grupos:

2. **Desenho da Situação Futura:** Nesta fase será desenhada a situação futura sustentada pelos dados recolhidos na primeira fase. De forma a auxiliar o desenho da

situação futura, serão consideradas algumas das ferramentas estudadas no capítulo 3 deste projeto:

- i. **Planeamento em *Pull* com uma estratégia MTS-MTO:** Esta estratégia é a mais adequada dado o contexto da empresa X e do problema proposto. Com esta estratégia o *lead time* de entrega ao cliente será reduzido e não serão criados stocks de produto acabado ou intermédio. No trabalho desenvolvido no projeto de dissertação, tinha-se chegado à conclusão de que a estratégia mais adequada para o problema descrito era um planeamento em *pull* com uma estratégia MTO. Contudo ao longo do desenvolvimento da presente dissertação concluiu-se que a melhor abordagem seria o planeamento em *Pull* com uma estratégia híbrida MTS-MTO. Esta mudança deve-se ao facto de, numa estratégia híbrida, ao colocar-se as referências de maior volume e maior frequência num supermercado de produto intermédio, o *lead-time* dessas referências será drasticamente reduzido. Como no problema proposto, será aumentado o nível de serviço tentando reduzir o *lead-time* total para o cliente final, esta estratégia híbrida será a mais adequada.
  - ii. **Heijunka:** Através do nivelamento da produção, o planeamento de produção garantirá um fluxo produtivo mais constante e adaptado à procura existente.
  - iii. **Definição de referências BTS e BTO:** Através da definição de referências BTS e BTO, garantem-se dois cenários: o *lead-time* das referências definidas BTS será menor garantido que o *lead-time* acordado com o cliente é cumprido. Por outro lado, será garantido que não haverá stock de MP e MA para as referências definidas em BTO.
  - iv. **Metodologias de auxílio no aumento da eficiência:** Neste ponto serão utilizadas duas abordagens de forma a eliminar o desperdício associado à perda de eficiência devido a microparagens e tempos de *set-up*:
    1. Nas microparagens sugere-se, primeiramente, uma análise de Pareto para se concluir quais são as microparagens mais frequentes. De seguida uma análise num diagrama de *Ishikawa* de modo a serem concluídas as causas raiz de cada microparagem.
    2. Nos tempos de *set-up* será utilizada a ferramenta *SMED* com o intuito de reduzir os tempos de *set-up*.
3. **Implementação da Estratégia *Pull* no Planeamento de Produção:** Nesta fase será realizado com uma equipa multidisciplinar e acordado com o cliente, uma estratégia de implementação através do planeamento de vários eventos Kaizen que terão como objetivo o aumento do nível de serviço.
  4. **Análise e Discussão dos Resultados Obtidos:** Por último, serão analisados e discutidos os resultados obtidos através da implementação da metodologia proposta.

## 4.1 Fase de Planeamento

### 4.1.1 Value Stream Mapping

Na fase de planeamento foi utilizada a ferramenta Value Stream Mapping que foi descrita no capítulo 3.

Ao utilizar esta ferramenta e ao alia-la a uma equipa multidisciplinar com a participação do *Chief Executive Officer* (CEO), do *Chief Operations Officer* (COO), do diretor industrial, responsável pelas compras, responsável pelo planeamento, responsável pelo controlo de gestão, responsável pela logística, responsável de produção e responsável da qualidade, foi possível mapear com o maior detalhe possível os fluxos de informação e de material da situação inicial de forma a identificar os principais focos de melhoria.

O mapeamento do fluxo de materiais que surgiu, apresenta-se na figura abaixo.:

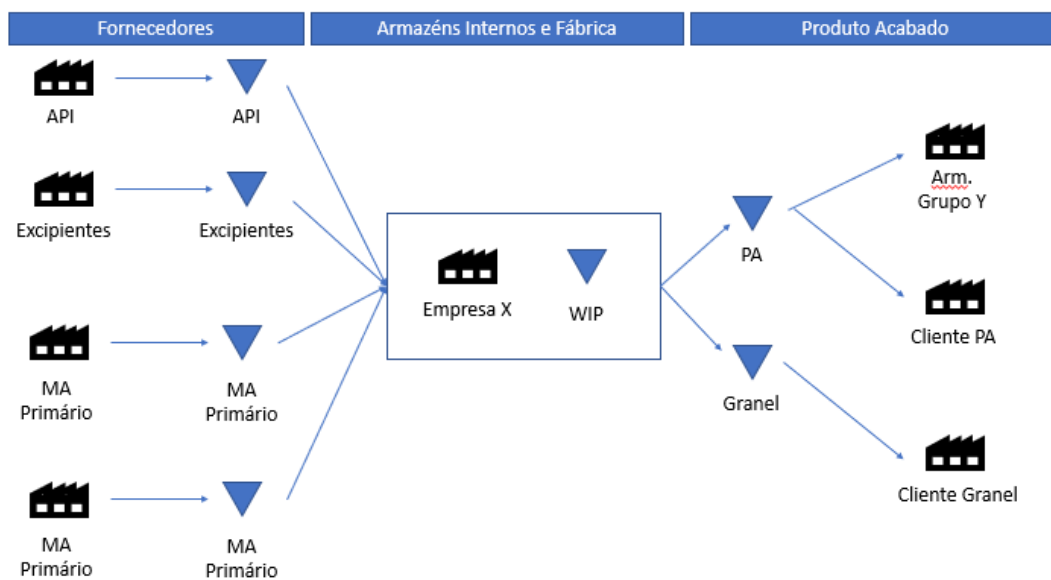


Figura 19 - Mapeamento do Fluxo de Materiais Macro

Pela figura acima, conseguiu-se perceber que o fluxo de materiais começa nos fornecedores, através do abastecimento de API e Excipientes. Esses materiais servem para formar o comprimido ou a substância líquida do fármaco, e do material de acondicionamento primário e secundário para a formação das embalagens. Este fornecimento vai criar stock em movimento que irá para o armazém da empresa X.

Uma vez que o stock em movimento entra na fábrica da empresa X, é transformado em produto acabado sendo que pode sair como produto intermédio que na figura é descrito como granel.

Neste mapeamento do fluxo de materiais, numa visão macro, foi possível concluir, com a equipa multidisciplinar, que o *lead-time* de fornecedores era elevado e que as matérias primas e o material de acondicionamento só eram comprados sobre encomendas firmes do cliente.

Após a realização do mapeamento do fluxo de materiais, numa visão macro, com a mesma equipa descrita anteriormente, realizou-se o mapeamento do fluxo de materiais, da secção representada na figura em cima denominada “Armazéns Internos e Fábrica”, desde que é rececionada a matéria prima e o material de acondicionamento até à zona de expedição.

Para a realização deste mapeamento através da ferramenta VSM, importa definir a legenda utilizada na ferramenta. Legenda essa que é possível verificar na imagem em baixo:



*Figura 20 - Legenda VSM*

Após a definição da legenda da ferramenta, é possível verificar o mapeamento realizado na figura seguinte:

# Formulações Sólidas

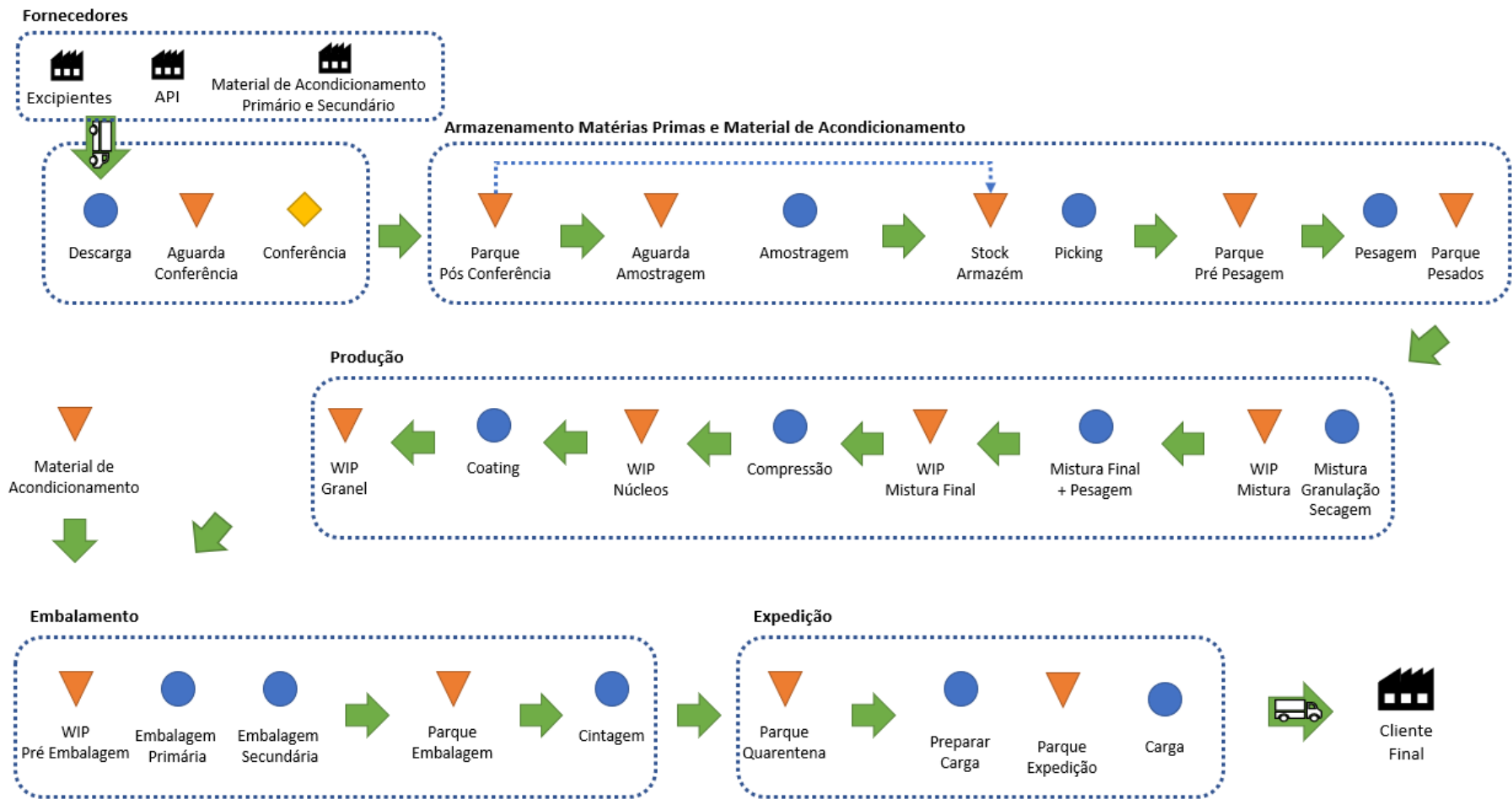


Figura 21 - Mapeamento Fluxo de Materiais (Formulações Sólidas)

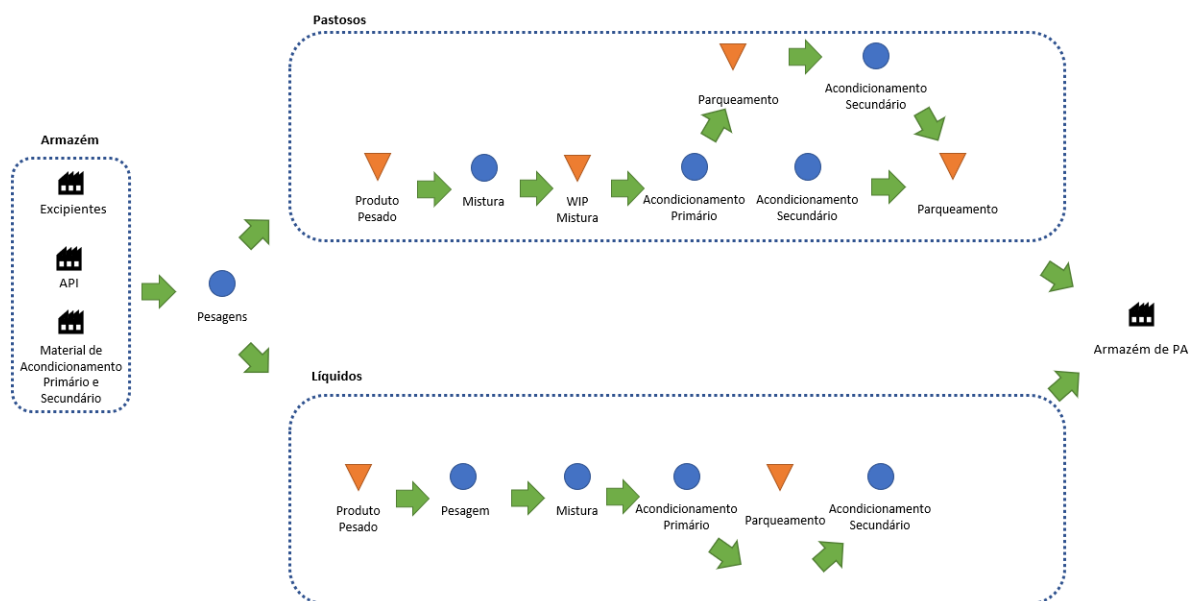


Figura 22 - Mapeamento Fluxo de Materiais (Formações Líquidos e Pastosos)

Na zona de receção de ambos os fluxos, o responsável do processo é a logística. A logística recebe a mercadoria, valida se os materiais que foram pedidos chegaram todos e coloca-os numa posição do armazém disponível.

Quando os materiais são necessários para a produção, a logística efetua a pesagem da campanha (por campanha entende-se o agrupamento dos códigos de produto acabado por código de produto intermédio). Este agrupamento por campanha é realizado com foco na eficiência do centro de trabalho para serem realizados os mínimos *set-up's* possíveis.

Após a pesagem dos materiais necessários à produção, começa a transformação dos mesmos em produto acabado passando por todas as fases normais de um processo industrial farmacêutico descrito no capítulo 2.3.

Através da ferramenta VSM foi possível identificar pontos de desperdício no fluxo que serão importantes abordar na ferramenta proposta nos capítulos seguintes.

Os pontos a melhorar são a existência de muitos pontos de quebra de fluxo ao longo da cadeia de valor, com criação de WIP excessivo nos corredores de produção e a falta de visibilidade da quantidade e sequenciamento de produtos em fila de espera ao longo da cadeia de produção.

Após ter sido realizado o mapeamento do fluxo de materiais do processo industrial, foi realizado o mapeamento do fluxo de informação desde que a encomenda é realizada, no serviço de apoio ao cliente, até ser expedida e entregue ao cliente. O mapeamento é demonstrado na figura em baixo:



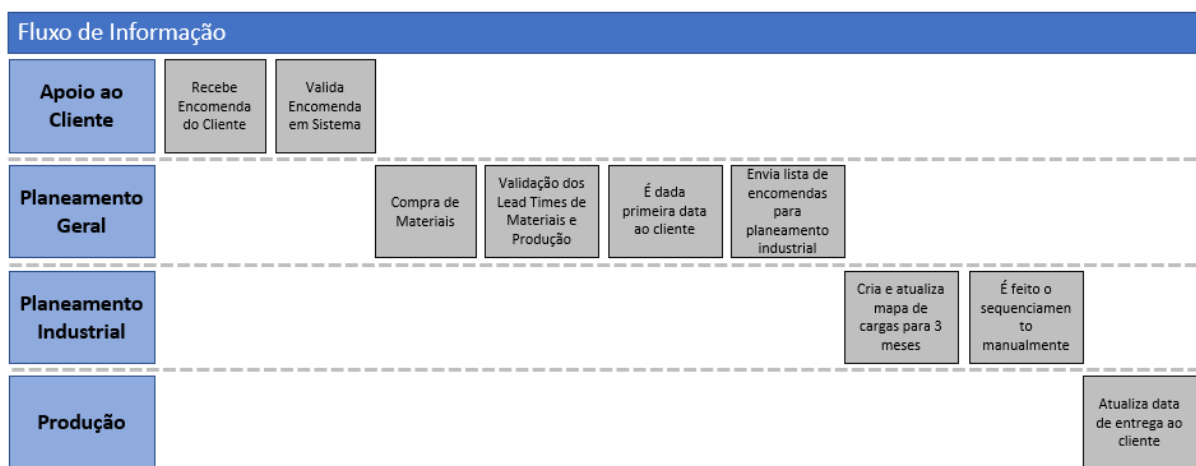


Figura 23- Mapeamento do fluxo de informação da encomenda

Como é possível verificar na figura 23, a encomenda é colocada no serviço de apoio ao cliente e é validada em sistema pelo mesmo departamento. Neste passo, os clientes só podem colocar encomendas em múltiplos de lote para evitar variação das quantidades produzidas.

Após ser validado pelo serviço de apoio ao cliente, estes colocam a encomenda no planeamento geral da empresa X para que sejam encomendados os materiais necessários à produção da encomenda.

Depois de ser feita a encomenda dos materiais necessários, são validados os *lead-times* de chegada dos materiais e de produção para ser dada uma primeira data de entrega ao cliente.

Nesta fase do processo foi identificado que o *lead-time* de produção, usa médias de *OEE* por máquinas, que o *lead-time* de produção são sempre múltiplos de 30 dias e que é usado um simulador de capacidade mensal de produção. O nível de serviço, indicador global e principal do projeto, é medido através da data que é dada nesta fase do processo. Após o fecho da data, o planeamento geral envia a lista de encomendas mensal para o planeamento industrial.

Após a receção da lista mencionada, o planeamento industrial cria e atualiza o mapa de cargas para os 3 meses seguintes de forma a perceber o número de turnos necessários para a procura exigida. Aqui é utilizado o *OEE* standard ao produto.

Após ser feita a simulação no mapa de cargas, o planeamento industrial cria um sequenciamento na produção. Este processo é um processo excessivamente manual e que depende exclusivamente do colaborador que se encontra na empresa. Sempre que existe um desvio ao sequenciamento previsto, o colaborador atualiza o mesmo em todos os centros de trabalho e em todas as encomendas afetadas pelo atraso manualmente. Para que este colaborador tenha acesso ao status da produção, o colaborador realiza uma reunião multidisciplinar com o responsável de cada secção de forma a saber a informação referida anteriormente.

Logo a seguir, foram medidas e estudadas as eficiências das linhas de produção com maior *output* de forma a ser possível melhorar as eficiências das linhas mais críticas na produção. Como é possível verificar na figura 10, existe um desnivelamento claro na eficiência dos equipamentos e centros de trabalho, sendo que tanto as perdas de performance como as perdas de disponibilidade através dos *set-ups*, representam a maior fatia das perdas de eficiência nos equipamentos.

Posto isto e após a análise feita através da ferramenta VSM conseguimos concluir que a Empresa X funciona num sistema MTO, em que todas as ordens de encomendas que produz, são fechadas sobre uma encomenda firme por parte de um cliente. Foram identificados pontos de melhoria tanto no fluxo de materiais como no fluxo de informação e eficiência de produção, que serão sumarizadas de seguida.

É relevante referir que algumas das melhorias propostas foram não só levantadas através das análises mencionadas anteriormente através da ferramenta VSM, como também foram melhorias identificadas num trabalho de observação intensiva no terreno.

Os principais pontos de melhoria observados são:

1. Elevado *lead-time* dos processos
2. Perdas de informação durante os processos, devido ao facto de serem feitos manualmente
3. Processos complexos e burocráticos
4. Elevada variabilidade nos *outputs* do processo
5. Necessidades dos clientes não refletidas nos planos de produção
6. Elevado esforço no planeamento operacional
7. Falta de nivelamento da produção
8. Roturas de materiais que justificam perdas no nível de serviço
9. Elevados níveis de stocks intermédios
10. Necessidade de reduzir o esforço de algumas tarefas mais burocráticas para aumentar a produtividade
11. Tempos de *set-up's* de equipamento demorados
12. Muitos problemas de ajuste e afinação depois do *set-up* do equipamento

#### 4.1.2 Desenho de Soluções

Após uma análise detalhada da situação atual através da ferramenta VSM e de observações no terreno, o segundo passo passa por desenhar soluções aos problemas identificados anteriormente. Problemas esses que podem ser resumidos em dois grandes tópicos: Ineficiência das linhas de produção e no planeamento geral e industrial da empresa X.

O projeto de melhoria proposto com auxílio da metodologia lean, estão assentes numa melhoria estruturada das operações da empresa X. O objetivo final deste projeto é aumentar o nível de serviço ao cliente através da redução do *lead-time* global da encomenda colocada.

Os dois grandes tópicos, que assentam este projeto de melhoria contínua, são a otimização do processo do planeamento geral e industrial da empresa X e o aumento das eficiências globais da fábrica utilizando a linha com maior *output* como piloto.

É relevante referir que ambas as soluções se complementam. Para que seja possível perceber as soluções propostas e as compreendermos como um todo, é importante definir a unidade de valor do fluxo de material e de informação. A unidade de valor neste caso é o lote da encomenda do cliente.

Para ser feita a otimização, tanto no fluxo de materiais como no fluxo de informação, torna-se relevante entender que todas as decisões e atividades propostas têm de ser vistas como valor acrescentado para a unidade de valor definida anteriormente (o conceito de valor acrescentado foi definido no capítulo 3).

Posto isto, para que um processo seja otimizado, é necessário primeiramente otimizar os fluxos, mesmo que com isso existam ineficiências de recursos. Garantindo uma eficiência de fluxos é garantido também que quando a unidade de valor, neste caso o lote de encomenda feita pelo cliente, entra no sistema não tem tempos de espera durante os vários processos mesmo que esses processos não estejam otimizados.

Após a primeira fase de otimização de fluxos, inicia-se a otimização de recursos para que seja possível obter um processo robusto e o mais otimizado possível na ótica da unidade de valor. Assim sendo garante-se que a organização é concebida para acrescentar valor ao lote de encomenda colocada pelo cliente.

### **Otimização de Fluxos**

Conforme explicado no VSM, a produção de PA na empresa X só ocorre após uma encomenda firme por parte do cliente. A este sistema, explicado no capítulo 3, denomina-se um sistema em *pull*.

Tal como já foi referido anteriormente, uma das soluções identificadas, para o aumento global do nível de serviço através da redução do *lead-time* global da encomenda, é a utilização de um sistema de planeamento em *pull* com uma estratégia híbrida de MTS-MTO.

Numa primeira fase é bastante importante definir o fluxo de material em toda a cadeia.

Aplicando a metodologia supramencionada à empresa X, foi possível mapear a situação futura da empresa X numa visão mais macro na figura em baixo.

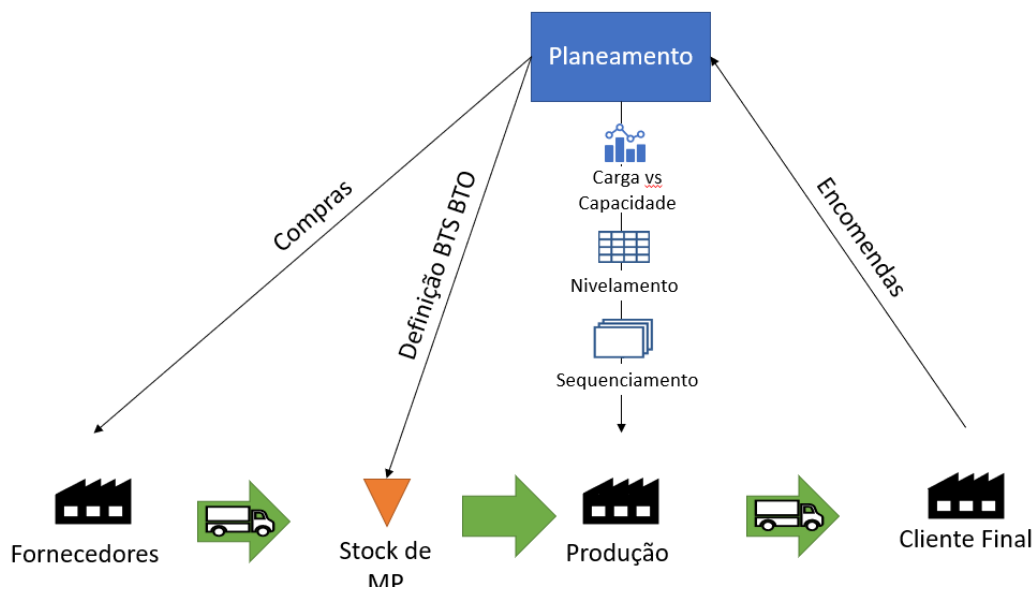


Figura 24 - Mapeamento do Fluxo de Atividades Futura do Planejamento

### **Definição MTS-MTO:**

Numa primeira fase torna-se relevante definir quais são as referências em MTS e quais são MTO.

Nesta indústria em específico o conceito de MTS não deve ser analisado como a criação de stock de produto acabado, mas sim como a criação de stock de produto intermédio na última fase antes do acondicionamento primário e secundário. Essa restrição deve-se à validade dos materiais utilizados para o acondicionamento que têm de ser gravados com a informação mais recente dos fármacos em questão.

Outra restrição para a criação de referências em MTS é os *holdings times* entre processo. Entende-se por *holding times* como o tempo máximo de espera do produto intermédio entre processos. Neste caso é uma restrição que limita o estudo das referências em questão e por isso no levantamento dos dados iniciais torna-se crucial ter os *holdings times* por produto e por processo.

Para ser realizado o estudo das referências em MTS é necessário ter também os dados da procura do produto intermédio mais atualizados para conseguir extrair não só o volume total como também a frequência de encomendas da referência de produto intermédio.

Após a recolha desses dados, faz-se uma análise ABC-XYZ (explicada no capítulo 3) de forma a priorizar as referências com maior volume e maior frequência e definindo quais são as coordenadas da matriz que terão referências em MTS ou em MTO.

O conceito de reposição das referências em MTS é denominado por supermercados. Os supermercados são pontos de stock de produto com um sistema de reposição calculado através de níveis de reposição.

Na implementação de supermercados de produtos em MTS neste projeto, é necessário quantificar alguns parâmetros relevantes de forma a evitar roturas de stock e/ou excesso de produção levando a falta de espaço de armazenamento. Os parâmetros são:

- **Nível de reposição:** é o nível de stock a partir do qual deve ser colocada uma ordem de produção dimensionada. Este nível contempla não só o consumo previsto para o tempo de *lead-time* como também o stock de segurança para fazer frente face a variações da procura ou do *lead-time* de produção
- **Stock de segurança:** é a quantidade de stock que existe somente para colmatar possíveis variações na procura como também variações no *lead-time* de produção
- **Quantidade máxima:** é o nível de stock atingido se for colocada uma ordem de reposição e não for consumido qualquer unidade de produto.
- **Quantidade de reposição:** é a quantidade de produto a repor no supermercado enquanto todas as referências são produzidas no tempo EPEI, conceito definido no capítulo 3.

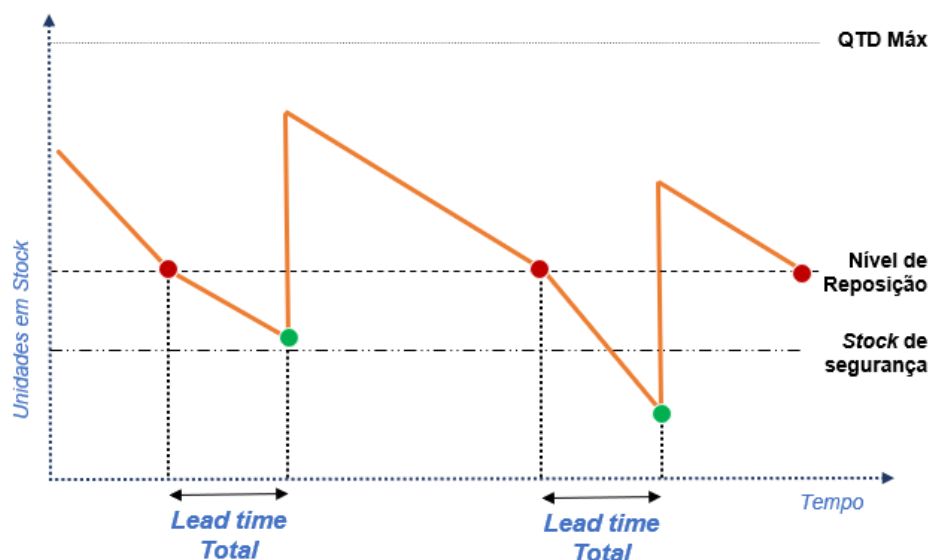


Figura 25 - Sistema de reposição em supermercado de referências em MTS

### **Estudo de Planeamento de Capacidade:**

Após a definição das referências em MTS e em MTO, inicia-se o estudo da carga total em horas das encomendas em fila de espera face à capacidade instalada na fábrica.

Para ser possível realizar o estudo da carga das encomendas em fila de espera na fábrica é importante ter uma base de dados com a informação de cada produto em cada centro de trabalho. No fundo, definir o roteiro do produto dentro da fábrica para conseguir analisar e converter a fila de espera total em horas de produção.

Nesta base de dados é importante ter os tempos de produção líquidos, os tempos de *set-up*, os tempos de higienização da sala do centro de trabalho e o parâmetro de performance do *OEE*.

Após a recolha de todas estas informações cruzadas com a lista de encomendas em fila de espera, é possível estimar quantas horas de trabalho é exigido em cada centro de trabalho e por consequência o número de turnos necessários para produzir o que já está em fila de espera.

#### **Caixa de Nivelamento e Sequenciamento:**

Após o estudo de cargas capacidade, será necessário utilizar uma ferramenta Lean denominada caixa de nivelamento.

Esta ferramenta prioriza a lista de espera das encomendas segundo critérios definidos. Estes critérios foram definidos com o responsável de planeamento e nivela a produção segundo a capacidade. A capacidade não pode ser só vista através das máquinas disponíveis, mas também através da mão de obra dos operadores contratados.

#### **Definição de Referências BTS-BTO:**

Após a definição da estratégia de planeamento de produção, é importante também definir os processos a montante. Para esse efeito, definem-se referências BTS-BTO (conceitos definidos no capítulo 3).

Para esta definição utiliza-se o mesmo passo a passo utilizado na definição das referências MTS e MTO: Primeiramente realiza-se uma análise ABC-XYZ segundo os consumos e a frequência de encomenda e de seguida realiza-se o mesmo dimensionamento através de níveis de reposição, stock de segurança, quantidade máxima e quantidade de reposição.

A diferença neste passo deve-se pelo facto de anteriormente esta análise ser feita para produto acabado ou intermédio e neste caso são analisadas as referências associadas às matérias primas e ao material de acondicionamento de forma a reduzir ao máximo o *lead-time* de fornecimento das referidas referências.

#### **Otimização dos Recursos Produtivos**

Conforme referido anteriormente, para uma melhor implementação da melhoria da eficiência dos fluxos da cadeia de valor, é importante também melhorar a eficiência dos recursos produtivos.

No projeto de melhoria em análise, foram analisadas as máquinas de maior *output* para serem escolhidas como piloto de solução. Para este piloto utilizaram-se as ferramentas enumeradas na revisão de literatura no capítulo 3.

Primeiramente é realizada uma análise do problema estruturado através do diagrama de *Ishikawa*. Esta ferramenta permite entender quais são as causas principais para as perdas de eficiência de forma a ser possível encontrar soluções que respondam a essas mesmas causas.

Quando as causas raiz são identificadas e as soluções aos problemas são propostas, inicia-se uma análise de impacto e de esforço de forma ser possível priorizar as soluções encontradas. Após a análise de impacto e de esforço, dá-se prioridade às soluções que tragam um maior impacto com o menor esforço possível.

### 4.1.3 Definição dos Indicadores do Projeto De Melhoria

No âmbito do projeto de melhoria proposta, e após ter sido mapeada a situação atual através da ferramenta VSM e terem sido desenhadas as soluções com a equipa multidisciplinar referida anteriormente foram definidos os principais indicadores, para não só medir o desempenho da empresa durante o projeto em questão, mas também para serem avaliadas as soluções propostas.

Como já foi referido anteriormente no capítulo 3, o principal indicador a melhorar é o nível de serviço ao cliente, baixando o *lead-time* de entrega ao cliente. Para calcular o nível de serviço, apresenta-se a equação seguinte:

$$\text{Nível de Serviço} = \frac{\sum_i NES}{\sum_i NES + \sum_i NENS} \quad (3)$$

Para ser possível calcular o indicador supramencionado, é necessário ter uma base de dados com todas as encomendas solicitadas com o número de encomenda, data solicitada pelo cliente, data entregue ao cliente, quantidade solicitada e quantidade entregue ao cliente. Com todas estas informações é possível calcular o nível de serviço *OTIF* (*on time in full*). O nível de serviço *OTIF* mede não só se a encomenda foi entregue na data correta como também mede se a encomenda foi entregue na quantidade correta.

Na equação 3, o parâmetro que se encontra no numerador (*NES*) é calculado através do número total de encomendas que preencheram os requisitos *OTIF* no período *i* selecionado. O parâmetro *NENS* é calculado através da soma de todas as encomendas que não preenchem um ou os dois requisitos mencionados anteriormente.

A divisão do total de número de encomendas satisfeitas pelo número total de encomendas satisfeitas e não satisfeitas resulta no nível de serviço *OTIF*. No projeto em questão, o *baseline* foi calculado através do nível de serviço global no ano de 2019 e que totalizava 32%. Após uma análise detalhada do nível de serviço e com o cálculo do impacto das ferramentas propostas sugere-se que com este projeto de melhoria exista um ganho de 45 pontos percentuais para um total de 77% no nível de serviço.

Outro indicador que será medido ao longo do projeto de otimização é o *OEE* da linha com maior *output*.

Para determinar a linha produtiva com maior *output* utilizaram-se as encomendas totais de 2019 e através do cruzamento com os roteiros definidos de cada produto utilizando o tempo de produção total de cada produto, foi possível verificar que as duas máquinas embaladoras das formulações sólidas, IMA A83 e IMA A83E, são efetivamente as máquinas com maior carga e que, portanto, um pequeno impacto na eficiência terá um grande impacto no número total de comprimidos feitos.

Para o cálculo do *OEE*, utilizou-se a equação 1 do capítulo 2 e que posteriormente é detalhada no capítulo 3.

Para ser calculada uma *baseline* do indicador, utilizaram-se os dados de 2019 de ambas as máquinas. Após este estudo chegou-se à conclusão de que o *OEE* global das duas linhas atingiu os 48% no ano de 2019 e por isso utilizou-se esse valor como *baseline* conjunto de ambas as máquinas. Como objetivo, após uma análise exaustiva não só dos dados de 2019, mas também por observações no terreno, foi possível validar um objetivo global de 58%, aumentando assim o *baseline* em 10 pontos percentuais.

Apresenta-se então um resumo dos indicadores propostos e descritos anteriormente na tabela seguinte:

*Tabela 3 - Resumo dos Indicadores do Projeto de Melhoria a Implementar*

Indicador	Fórmula de Cálculo	Baseline	Objetivo
Nível de Serviço	$\frac{\sum_i NES}{\sum_i NES + \sum_i NENS}$	32%	77%
<i>OEE</i>	<i>Disponibilidade x Performance x Qualidade</i>	48%	58%

## 4.2 Desenvolvimento e Implementação das Soluções Propostas

### 4.2.1 Implementação das Soluções para a Otimização dos Fluxos

Para que seja implementado um sistema de otimização de fluxos, conforme explicado no desenho de soluções, recorreu-se a uma estratégia híbrida de *pull* MTS-MTO. Para que este sistema seja implementado, foi necessário recorrer aos passos estratégicos enumerados de seguida culminando num software de apoio ao planeamento desenvolvido no Microsoft *Excel*.

#### 4.2.1.1 Planeamento Estratégico

Para que seja implementado o sistema híbrido de *pull* MTS-MTO numa empresa como um todo ou numa cadeia de valor, é necessário definir uma estratégia de planeamento para cada referência da cadeia de valor. Como já foi referido anteriormente, na Empresa X, as produções são todas realizadas sobre encomendas firmes tornando todas as referências de produto acabado em MTO.

Neste projeto de otimização de fluxos propôs-se caracterizar as encomendas de maior volume com maior frequência como MTS tornando o seu *lead-time* muito mais curto em comparação com o *lead-time* total da cadeia de valor.



## Caracterização das referências em MTS e MTO

A fim de implementar esta estratégia, deveria ser realizado um estudo do planeamento estratégico para todas as referências de produto intermédio.

Como nesta indústria existem *holding times* entre processos, por *holding times* entende-se tempos máximo de espera entre processos antes do produto perder qualidade e ter de ser destruído ou reavaliada pelo controlo de qualidade, torna o estudo mais limitado.

Neste caso, foi considerado o estudo das referências de produto intermédio antes de embalagem sendo que depois de selecionar a estratégia de planeamento para cada referência terão de ser validados os *holdings times* individuais de cada referência, de forma a entender se será possível implementar esta estratégia ou não.

No início do projeto, reparou se que a empresa não tem definida uma estratégia de planeamento por cada referência tornando assim este estudo ainda mais urgente. Neste estudo consideram-se então duas categorias estratégicas:

- **MTO** – todos os artigos que são produzidos segundo encomendas firmes percorrendo assim toda a cadeia de valor e tornando o *lead-time* total maior
- **MTS** – todos os artigos selecionados com maior volume e frequência para tornar o *lead-time* total inferior à estratégia anterior por percorrer apenas a fase de embalagem, controlo de qualidade e expedição antes de ser entregue ao cliente final

Para que seja definida uma estratégia de planeamento para cada referência de produto intermédio antes de embalar, recorreu-se à ferramenta ABC-XYZ, já definida e explicada no capítulo 3.

Após a recolha de dados, referida anteriormente no desenho de soluções, classificou-se com a equipa os parâmetros ABC relativos ao volume e XYZ relativos à frequência.

Para o parâmetro ABC definiu-se que, depois de ordenar as referências por ordem decrescente em função do volume, as referências responsáveis até 80% do volume total dos consumos de 2019 são classificadas com a letra A. As responsáveis até 95% são classificadas com a letra B e as restantes são classificadas com a letra C.

Para o parâmetro de frequência XYZ caracterizaram-se as referências responsáveis por 80% das encomendas com o parâmetro X, as restantes responsáveis até 95% das encomendas com o parâmetro Y e as restantes com a letra Z. Para que seja feita esta análise é necessário ordenar também a frequência de encomendas por ordem crescente.

Após a classificação dos parâmetros da análise ABC-XYZ, construiu-se a matriz final que pode ser consultada na imagem em baixo:

	X	Y	Z
A	MTS	MTO	MTO
	5%	5%	9%
B	MTO	MTO	MTO
	7%	3%	8%
C	MTO	MTO	MTO
	25%	13%	25%

Figura 26 - Referências em MTS e MTO

Conseguiu-se então concluir que, considerando as referências AX como MTS, o total de referências nessa estratégia representa 5% das referências de produto intermédio antes de embalar sendo que as restantes 95% continuariam numa estratégia MTO.

Conforme já foi descrito anteriormente, este passo estratégico no planeamento requer algumas validações, não só pelo controlo de qualidade, mas também pela garantia de qualidade.

Após ter sido realizado este estudo, as referências encontram-se em validações de processo mais finas pelas entidades mencionadas e por isso ainda não foi implementado.

### Caracterização das referências em BTS e BTO

Após ter sido realizado o estudo do planeamento estratégico das referências de produto intermédio antes de embalar, foi também realizado o estudo de planeamento estratégico às referências de MP e MA, portanto a montante da produção.

Na empresa X, as MP e o MA são classificados internamente em ZA, ZB, ZC e ZD. Os materiais integrantes da categoria ZD são os materiais gravados que foram desconsiderados do estudo em questão devido à possibilidade de se tornar um produto com informação obsoleta.

Os produtos classificados como ZA e ZB são matérias primas e os que estão inseridos na categoria ZC são materiais de acondicionamento não gravados, como por exemplo o alumínio que se encontra nos blisters dos comprimidos.

Neste estudo foram então consideradas duas categorias:

- **BTS** – referências compradas num sistema de reposição de stock. Sempre que o stock chega a um nível de stock mínimo, é encomendada a quantidade de reposição calculada de forma a ter sempre stock disponível no armazém. Esta solução prevê que o *lead-time* de abastecimento (o maior *lead-time* da cadeia de valor) diminua para zero.
- **BTO** – as referências classificadas como BTO são referências que não são armazenadas e só serão encomendadas sobre encomendas firmes de produto acabado a jusante da cadeia de valor.

Nesta classificação estratégica do planeamento de cada referência abastecida, utilizou-se a mesma ferramenta utilizada na definição das referências MTS e MTO, a ferramenta ABC-XYZ.

Para a classificação dos produtos em ABC, utilizou-se o mesmo critério supramencionado sendo que as referências A representam 80% do volume, as B representam até aos 95% e as C são as restantes. Para a classificação XYZ, foi utilizado o mesmo critério também.

O resultado desta análise foi o demonstrado na figura em baixo:

Matérias Primas ZA							
# Referências				Lead Time Médio (dias)			
	X	Y	Z		X	Y	Z
A	5	2	2	A	69	55	45
B	1	9	6	B	30	60	89
C	2	21	45	C	105	53	60

Matérias Primas ZB							
# Referências				Lead Time Médio (dias)			
	X	Y	Z		X	Y	Z
A	95	138	250	A	39	41	n.d.
B	11	2	3	B	45	45	45
C	25	31	12	C	40	41	49

Matérias Primas ZC							
# Referências				Lead Time Médio (dias)			
	X	Y	Z		X	Y	Z
A	8	33	288	A	60	77	n.d.
B	5	11	0	B	114	59	n.d.
C	7	36	25	C	75	59	58

Figura 27 - Classificação ABC-XYZ das MP e MA

Após o estudo demonstrado anteriormente, foi realizada uma validação mais fina por todas as referências nas coordenadas AX, BX e AY de forma a perceber se era possível ou não encomendar os referidos produtos em BTS.

Após a validação com a equipa multidisciplinar, verificou-se que os produtos com *lead-time just in time* e produtos com validades curtas teriam de ser reclassificados de forma a serem comprados segundo uma estratégia BTO.

O resultado desta análise pode ser confirmado na figura em baixo:

Inputs BTS - BTO			
	X	Y	Z
A	BTS	BTS	BTO
B	BTS	BTO	BTO
C	BTO	BTO	BTO

BTS	
# Referências	228
Lead Time Médio (dias)	47,41

BTO	
# Referências	1801
Lead Time Médio (dias)	46,56

Figura 28 - Classificação BTS – BTO

Considerando então as referências classificadas como AX, AY e BX como produtos a serem comprados segundo uma estratégia BTS, o resultado da análise foi de 228 referências num universo total de 2029. Note-se que estas referências fazem parte dos consumos atuais de 2020 até ao mês de novembro.

Foi realizado um estudo ao *lead-time* das referências colocadas em BTS e em BTO que conclui que o *lead-time* médio das referências BTS é superior em cerca de um dia ao *lead-time* das referências com uma estratégia BTO.

#### 4.2.1.2 Planeamento de Capacidade

Após ser definida uma estratégia de planeamento para cada referência da empresa X, realiza-se o planeamento da capacidade instalada na fábrica.

Este passo é importante para ser possível antecipar possíveis variações da procura. Outro *output* importante neste passo é decidir qual é o número de turnos abertos em cada centro de trabalho para normalizar a previsão da capacidade mensal.

Para que seja possível realizar um estudo conclusivo neste passo, é importante ter uma lista com todas as encomendas já colocadas pelo cliente de produto acabado e os roteiros associados a cada produto. Por roteiro entende-se a velocidade, tempo de *set-up*, a componente de performance do *OEE* e o número de operadores necessários em cada centro de trabalho por produto acabado.

Com ambas as informações mencionadas, é possível calcular o número de horas de necessárias por centro de trabalho para corresponder à procura por parte do cliente. Para calcular o número de horas utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{tempo total necessário por mês}_{i \text{ ct}} = \sum_{ct} \frac{\sum_i \sum_p \text{quantidade encomendada}}{\text{velocidade}_{p \text{ ct}} \times \text{OEE}_{p \text{ ct}}} + \text{set up}_{p \text{ ct}} \quad (4)$$

A equação pretende somar os tempos totais para o mês *i*, por centro de trabalho *ct*. Para isso é necessário somar todos os tempos necessários para ser satisfeita a procura de cada produto no mês *i*. Para calcular o tempo de cada produto, é necessário somar a quantidade total encomendada do produto *p* no período *i* e dividir pela velocidade teórica do produto *p* no centro de trabalho *ct* adicionando os tempos de ineficiência através da multiplicação desta velocidade pela componente de performance do *OEE*. Por fim é necessário somar o tempo de *set-up* de produção da quantidade indicada.

Após o cálculo do tempo total necessário por mês, é possível calcular o número de turnos necessários por mês por centro de trabalho através da equação seguinte:

$$\text{número de turnos necessários}_{i ct} = \frac{\text{tempo total necessário por mês}_{i ct}}{8h} \quad (5)$$

Através do tempo total necessário por mês por centro de trabalho e dividindo por oito horas que é por norma o tempo standard de um turno, é possível avaliar quantos turnos são necessários por mês. Para percebermos se a capacidade instalada é suficiente, é necessário dividir o número total de turnos pelo número máximo de turnos no mês  $i$ . Esse resultado é possível obter através da seguinte equação:

$$\% \text{ ocupação da capacidade}_{i ct} = \frac{\text{número de turnos necessários}_{i ct}}{\text{dias uteis no mês } i \times \frac{24h}{8h}} \quad (6)$$

Nesta equação calcula-se o número de turnos máximo por mês através da multiplicação do número de dias uteis no mês  $i$  pelo rácio do número total de horas por dia com o número total de horas por turno. Por dias uteis entende-se pelos cinco dias uteis da semana excepto feriados e férias da empresa X.

Dividindo o número de turnos necessários por mês pelo número máximo de turnos por mês, obtém-se uma percentagem de ocupação da capacidade. Quando este rácio é superior a 100% significa que a empresa X mesmo funcionando a 3 turnos não conseguirá corresponder à procura total que o cliente de produto acabado exige. A opção a tomar nestes casos é o de tentar arranjar centros de trabalho alternativos para alguns dos produtos produzidos nesse mês ou então trabalhar em mais dias do que o estipulado na equação 6.

Esta análise deverá ser feita em mensalmente com as encomendas carregadas dos próximos 4 meses. Com essa rotina é possível prever variações na procura e estipular se é necessário ajustar a equipa de operadores face à carga solicitada pelo cliente. Nesta fase é importante fechar com a produção o número de turnos total aberto por mês.

Este estudo do planeamento de cargas está incluído na ferramenta que será explicada no final do presente capítulo.

#### 4.2.1.3 Caixa de Nivelamento e Sequenciamento

O estudo do planeamento estratégico e de capacidade são necessários para construir um plano de implementação. Apesar de tudo, o plano de implementação não responde a perguntas como “quando” e “quanto” produzir e para isso é necessário realizar um estudo ao planeamento de execução. Para que seja feito esse estudo, contrui-se uma caixa de nivelamento com uma ordem de sequenciamento específica e determinada em função das especificidades da empresa.

A caixa de nivelamento é uma ferramenta de auxílio ao planeamento e que está dividida por espaços horários e por referência. Por norma a construção desta ferramenta é física e por esse motivo é chamada a caixa de nivelamento.

Devido a motivos físicos de disposição dos centros de trabalho dentro da fábrica, não foi possível realizar a construção física da caixa pois o transporte de informação seria bastante demorado entre os centros de trabalho. Para colmatar esta restrição, construiu-se a caixa de nivelamento no Microsoft *Excel* e que se encontra integrado no software de apoio ao planeamento que será descrito no próximo capítulo.

Para que seja preenchido o espaço horário, na caixa de nivelamento, é necessário calcular o tempo total de produção da referência, a hora de entrada no centro de trabalho e por consequência a hora de saída. Também é relevante saber o tempo de *set-up* para que seja possível estimar a entrada do produto seguinte no centro de trabalho.

Na figura seguinte é possível exemplificar uma caixa de nivelamento com referências aleatórias. Na cor verde verificam-se os tempos de produção e a vermelho os tempos de *set-up*.

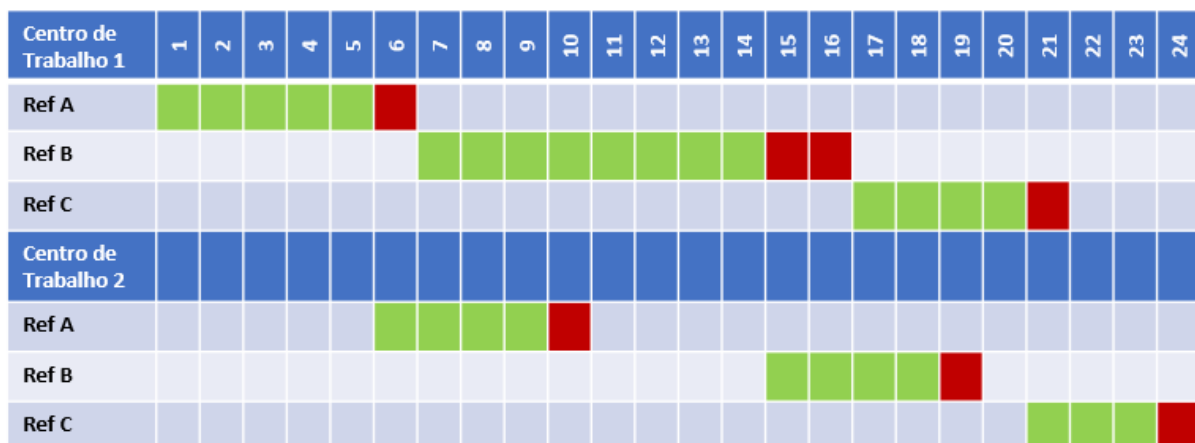


Figura 29 - Caixa de nivelamento genérica

Este sistema de caixa de nivelamento tem de ser alimentado por uma fila de espera. Como o principal indicador deste projeto de otimização é o nível de serviço ao cliente, a ordenação tem de ter em conta a otimização do nível de serviço. Como não é possível descurar também na eficiência das linhas, é necessário entrar com este parâmetro na ordenação das encomendas para a caixa de nivelamento.

Para a ordenação das encomendas foi definido uma pontuação de urgência de produção da encomenda. Esta pontuação é obtida através da seguinte equação:

$$pontuação = data\ solicitada - lead\ time\ de\ produção\ de\ campanha - data\ atual \quad (7)$$

Como referido anteriormente, o foco desta pontuação não pode ser 100% nível de serviço pois se assim for, perde-se muito na eficiência das linhas através da perda de disponibilidade ao realizar mais *set-up's*. Para colmatar este requisito, agruparam-se as encomendas por código de produto intermédio antes de embalar.

Assim sendo o *lead-time* referido na equação é o *lead-time* total para realizar a campanha de produto intermédio. Ao subtrair este *lead-time* à data solicitada, a pontuação seria a data mais tarde em que o produto poderia entrar em produção sem afetar o nível de serviço.

Subtraindo isso ao dia de hoje obtemos o intervalo de dias em que a encomenda não prejudica o nível de serviço.

Quando esta pontuação é negativa significa que não será possível entregar a encomenda na data solicitada pelo cliente.

Após a ordenação das encomendas, em função da pontuação calculada na equação 7, estas entram na caixa logística e são sequenciadas em função dos seus roteiros definidos em cada centro de trabalho. A ferramenta desenvolvida e explicada no próximo capítulo inclui também o cálculo da pontuação referida e a caixa logística demonstrada na figura 29.

#### 4.2.1.4 Ferramenta em *Pull* de Apoio à Estratégia do Planeamento

Para auxiliar a implementação do projeto de otimização na empresa X, foi necessário desenvolver uma ferramenta em *pull* de apoio à estratégia do planeamento (doravante FPAEP).

Devido à complexidade dos processos da indústria farmacêutica e ao facto de haver vários centros de trabalho em salas independentes recorreu-se à construção desta ferramenta para que toda a estratégia *pull* seja bem implementada.

Foi definida uma equipa multidisciplinar para o levantamento de requisitos e para a construção desta ferramenta.

Foi decidido em sede de workshop, em que estavam presentes os responsáveis pela produção, logística e planeamento e um representante do KICG, que o software a utilizar era por enquanto o Microsoft *Excel*, mas que posteriormente evoluiria para um software mais sofisticado de planeamento.

Para a construção desta ferramenta foi necessário primeiramente, realizar um levantamento de restrições processuais e de requisitos à ferramenta.

1. Módulo de cálculo automático das referências BTS-BTO
2. Módulo de avisos de reposição das MP e MA em estratégia BTS
3. Modulo com um *dashboard* visual com os estudos de capacidade por centro de trabalho por mês.

- a. Neste levantamento de requisitos foi também salientado que era bastante importante que o período de análise não fosse estanque e que fosse possível agregar vários meses.
  - b. Foi solicitado que o número de operadores por centro de trabalho fosse apresentado aqui também.
  - c. Para que seja possível perceber as eficiências mensais, foi solicitado que, através da componente de performance do *OEE* fosse possível prever o agregado dessa componente no período selecionado
4. Carregando as listas de encomendas que existem em fila de espera, o ficheiro calculasse automaticamente o planeamento de capacidade, atribui-se a pontuação e fizesse a caixa de nivelamento.
  5. Modulo com um *dashboard* com o nível de serviço previsto por mês para que o planeamento faça um controlo de planeamento e de produção mais rígido. Neste mesmo *dashboard* foi solicitado que fosse acrescentado o cumprimento do plano ou seja das datas inicialmente previstas, quantos desvios houve na realidade.
  6. Que exista um modulo de ligação com os roteiros por produto em cada centro de trabalho diretamente no ficheiro.
  7. Modulo com a caixa de nivelamento automática que incluia:
    - a. Distinção por cores do tempo de produção e do tempo em *set-up*
    - b. Distinção por cores do tempo de indisponibilidade da máquina
    - c. Preenchimento automático em função da quantidade encomendada
    - d. *Template* apelativo e que seja de fácil utilização para todos os utilizadores
    - e. Visualização a 1 mês do plano de produção para consulta pelas áreas envolventes à produção.
  8. Comunicação direta com o ficheiro de controlo de produção
  9. Automatização de todos os inputs e *outputs* para que não seja necessário haver retrabalho.

Após o levantamento de requisitos, em sede de workshop com a equipa multidisciplinar, foi seguido o passo a passo explicado nos capítulos anteriores.

Após a construção do software, foi definido com a equipa um ponto de situação diário para que sejam acompanhados os testes de solução. A ferramenta desenvolvida encontra-se resumida na tabela seguinte.



## Ferramenta em Pull de Apoio à Estratégia do Planeamento

### Lista de Encomendas

Lista de encomendas de produto acabado colocadas pelo cliente

### Pontuação

Atribuição de uma pontuação de urgência a cada encomenda

### Dashboard

Controlo do nível de serviço previsto  
Cumprimento do plano



### Planeamento Capacidade

Estudo de capacidade  
Número de turnos necessários

### Sequenciamento

Sequenciamento numa caixa de nivelamento das encomendas ordenadas por pontuação de urgência

Figura 30 - Fluxo de funcionamento da FPAEP

Num primeiro passo é necessário colocar a lista de encomendas mais atualizada no ficheiro. Quando é carregada a lista de encomendas tem de se garantir que o roteiro dos produtos está atualizado. No passo seguinte é possível verificar o planeamento de capacidade dinâmico com todas as especificações levantadas anteriormente. Este *output* pode ser verificado na imagem seguinte:

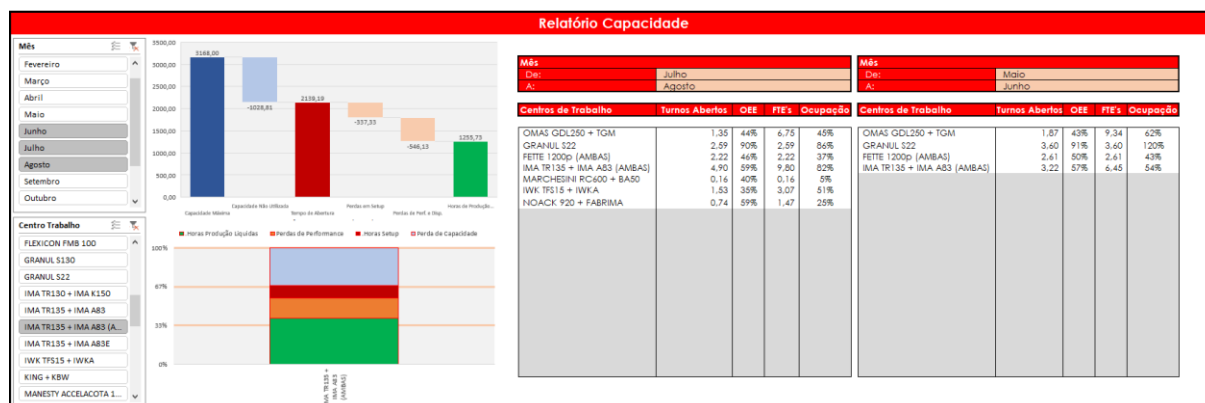


Figura 31 - Relatório de Carga Capacidade

Ao carregar as encomendas, a ferramenta calcula automaticamente a pontuação de cada encomenda e realiza o seu sequenciamento por todos os centros de trabalho dando como *output* a caixa de nivelamento que é possível verificar na imagem no anexo D.

Para além disto é possível também acompanhar o nível de serviço previsto que utiliza as datas previstas de conclusão das encomendas fazendo com que a equipa de planeamento possa realizar um controlo de produção mais rigoroso.

Com a implementação desta ferramenta, a equipa de planeamento dispõe de uma ferramenta de planeamento mais fácil de utilizar, com critérios mais focados no nível de serviço ao cliente e eficiência das linhas e quebrou o paradigma de ter máquinas com capacidade infinita.

Com a utilização, em primeira instância, do Microsoft *Excel* foi possível um rápido desenvolvimento e implementação da solução sendo que a adaptação da equipa foi bastante positiva visto estarem habituados a utilizar o Microsoft *Excel* nas ferramentas de planeamento antigas.

Os resultados serão discutidos no capítulo 5, mas é expectável que esta ferramenta tenha um impacto no médio-longo prazo apesar de já se notar um impacto significativo no nível de serviço desde o início do projeto.

#### 4.2.2 Implementação das Soluções para a Otimização dos Recursos

Para a implementação das soluções propostas, para a otimização dos recursos produtivos, construiu-se uma ferramenta de recolha de dados produtivos. No momento inicial do projeto, os dados de *OEE* não eram analisados e consolidados ao turno. O facto de não serem consolidados ao turno fez com que tenha sido necessário implementar a ferramenta que será apresentada.

Esta ferramenta consiste em 3 passos macro:

##### **1. Recolha de dados na linha produtiva:**

Para que todos os dados recolhidos fossem consolidados, construiu-se com uma equipa multidisciplinar todos os dados necessários para o cálculo do *OEE*. Tal como descrito no capítulo 3, o *OEE* é segregado em 3 parâmetros: Disponibilidade, Performance e Qualidade. A multiplicação destes 3 parâmetros resulta na eficiência global da máquina.

Para calcular a disponibilidade era necessário recolher os dados de tempo de abertura do turno (normalmente são oito horas, mas definiu-se com a equipa que era importante ter este parâmetro no caso de serem utilizadas horas extra), os tempos das paragens individuais identificando o motivo principal da paragem com o sub-motivo associado também. Os desdobramentos das hipóteses de paragens na linha foram definidos com a equipa multidisciplinar e que é possível observar o detalhe no Anexo A. A mesma segregação foi realizada para os tipos de *set-up* e a subactividade associadas. Esta segregação é possível observar no anexo B.

Assim sendo é possível calcular a parâmetro da disponibilidade. Para obter o parâmetro da performance é necessário não só os dados anteriormente descritos, mas também a quantidade total produzida e a velocidade nominal de produção. Com estes dois parâmetros, aliados aos parâmetros anteriormente descritos é possível obter a performance.

Finalmente para obter o último parâmetro e, por consequência, o *OEE* é necessário ter a informação de quantas unidades foram produzidas fora de especificação ou com problemas de qualidade.

Para além do cálculo dos parâmetros do *OEE* interessa saber os vários motivos de microparagens para ser possível justificar possíveis perdas de performance. A lista de motivos de microparagens foi construída com a equipa multidisciplinar supramencionada.



Após a implementação do ficheiro de recolha de dados, foi iniciada a análise dos dados. Nesta análise, desenvolveu-se com a equipa multidisciplinar um desdobramento de causa demonstrado na figura em baixo:



Figura 33 - Desdobramento Causas OEE

Nesta análise foi possível concluir que a maior perda no OEE é o parâmetro da performance. Analisando os dados relativos à performance concluiu-se que a maior perda de eficiência, está relacionado com as microparagens. Dentro das microparagens concluiu-se que 33% das microparagens estão relacionados com problemas na rampa de alimentação da fase primária do embalagem com um impacto total nas perdas de OEE de 7%.

Após a identificação com a equipa multidisciplinar da principal causa de perda de eficiência na linha, começou-se então a construir um diagrama de Ishikawa para serem identificadas os problemas associados à causa raiz. Conforme explicado no capítulo 3, o diagrama de Ishikawa subdivide-se em 6 ramificações: material, meio ambiente, máquinas, mão-de-obra, métodos e medição.

O diagrama construído pode ser consultado na imagem em baixo:



Figura 34 - Diagrama de Ishikawa Alimentação Primário

Após a construção do diagrama, concluiu-se que as principais 6 causas que levam a perdas de eficiência através da alimentação na zona primária do embalamento eram:

1. Falta de gestão e acompanhamento dos formatos
2. Variação na qualidade dos produtos
3. Saída de rampa / Entrada de alvéolo
4. Formatos não dedicados
5. Ausência de plano de manutenção dos formatos
6. Falta de bitolas no *set-up*
7. Técnicos não utilizam procedimentos de *set-up*

Como explicado anteriormente, logo a seguir a ser construído um diagrama de *Ishikawa*, são construídas soluções com a equipa para cada um dos problemas identificados. As soluções para esses problemas estão resumidas na tabela seguinte com o estado de implementação na última coluna

Tabela 4 - Soluções para os problemas identificados no diagrama de *Ishikawa*

Problema Identificado:	Solução:	Estado
Falta de gestão e acompanhamento dos formatos	Oficializar procedimentos e atribuir responsáveis	Feito
Variação na qualidade dos produtos	Sinalizar contentores com defeito	Feito
Saída de rampa / Entrada de alvéolo	Pedido de cotação para substituição da rampa	Aguardar
Formatos não dedicados	Pedido de cotação para substituição	Aguardar
Ausência de plano de manutenção dos formatos	Implementar após gestão de formatos	Aguardar
Falta de bitolas no <i>set-up</i>	Bloqueio e registo escrito das bitolas	Em implementação
Técnicos não utilizam procedimentos de <i>set-up</i>	Formação <i>SMED</i>	Feito

Para conseguir mensurar o impacto que cada solução terá e o esforço envolvido na mesma, utiliza-se uma matriz de impacto esforço. Nesta matriz as soluções são classificadas em quatro grupos:

1. Impacto alto e esforço alto
2. Impacto alto e esforço baixo
3. Impacto baixo e esforço alto
4. Impacto baixo e esforço baixo

As soluções que se encontram no quadrante impacto baixo, esforço elevado são descartadas e colocadas em segundo plano. As que se encontram com impacto baixo e esforço baixo são colocadas logo a seguir de forma a dar prioridade aos outros dois quadrantes com impactos elevados e esforço desde baixo a elevado também. As soluções com impacto grande e esforço baixo são as mais atrativas e são denominadas as *quick wins*. São soluções de rápida implementação e com impactos num curto espaço de tempo. Portanto soluções de curto prazo para ganhos mais imediatos. Em contrapartida as soluções de com grande impacto e esforço alto são vistas como soluções de longo prazo e que normalmente requerem aprovação pela direção. Todas estas definições estão sumarizadas na figura em baixo:

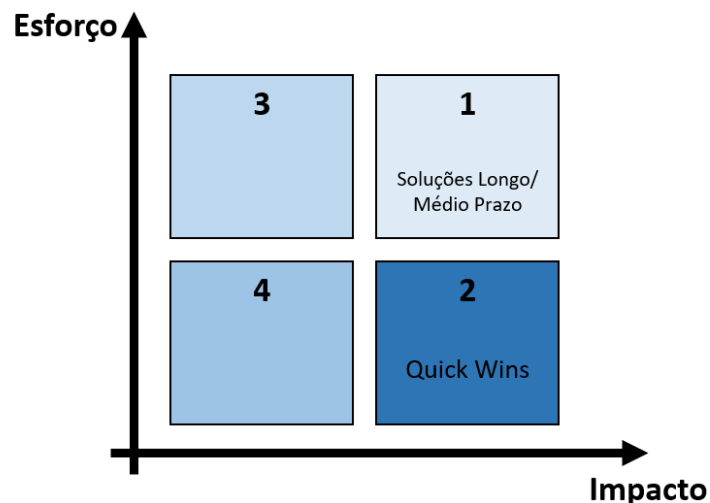


Figura 35 - Resumo Impacto Esforço

Esta matriz foi construída com a equipa multidisciplinar e o resultado da construção desta matriz pode ser consultado no anexo C no final do presente trabalho.

### 4.3 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo aplicaram-se as metodologias lean propostas no capítulo 3 e que eram indicadas para o problema proposto.

No início do capítulo descreve-se muito detalhadamente tanto os fluxos de matérias como os fluxos de informação para ser possível desenhar as soluções mais ajustadas à situação da empresa X.

Após o mapeamento através da ferramenta VSM, desenharam-se as soluções propostas para as oportunidades de melhoria identificadas. De seguido foram definidos os indicadores do projeto de otimização descrevendo não só a equação de cálculo como também a forma como foi definido o *baseline* e a definição do objetivo. Aqui foram identificados, como indicadores motrizes do projeto, o nível de serviço e o *OEE* das linhas embaladoras com maior *output*.

Após a definição dos objetivos, foram descritas as implementações de otimização dos fluxos para logo a seguir serem descritas as implementações de otimização dos recursos produtivos.

Para a otimização dos fluxos foi implementada a ferramenta FPAEP que inclui o planeamento estratégico, o planeamento de capacidade, o sequenciador e a caixa logística.

Para a otimização dos recursos produtivos implementou-se uma ferramenta de análise de *OEE* exaustiva e realizou-se um diagrama de espinha de peixe, ou *Ishikawa*, para entender possíveis causas para as maiores perdas de eficiência da linha. Chegou-se à conclusão de 7 soluções sendo que 3 estão implementadas, três aguardam aprovação e 1 está a ser implementada neste momento.

Depois de descrita toda a fase de implementação, no capítulo seguinte é expectável que sejam analisados e discutidos os resultados de cada iniciativa.





## 5 Análise e Discussão dos Resultados Obtidos

Após uma análise detalhada sobre o processo de implementação do projeto de otimização da empresa X, torna-se então relevante analisar os resultados obtidos através da implementação das soluções explicadas no capítulo 4.

Conforme explicado no capítulo 4, o projeto de otimização da empresa X tem como principal indicador o nível de serviço ao cliente. Contudo para além desse indicador, foi definido também que o *OEE* das máquinas de embalagem com maior carga seria também bastante relevante para o estudo em questão.

Neste capítulo é possível identificar 2 secções bem definidas: os resultados da otimização dos fluxos e os resultados da otimização dos recursos produtivos.

Nos resultados da otimização dos fluxos será analisado em detalhe o resultado global e a evolução mensal do nível de serviço ao cliente. Em contrapartida na segunda secção será analisado e discutido o *OEE* tanto na sua forma mensal como também na sua forma global.

Através da tabela seguinte é possível validar um resumo geral dos indicadores do projeto e dos resultados alcançados:

*Tabela 5 - Resumo geral do resultado dos indicadores*

Indicador	Fórmula de Cálculo	Baseline	Objetivo	Result.
Nível de Serviço	$\frac{\sum_i NES}{\sum_i NES + \sum_i NENS}$	32%	77%	<b>60%</b> (+28 p.p.)
<i>OEE</i>	<i>Disponibilidade x Performance x Qualidade</i>	48%	58%	<b>51%</b> (+3p.p.)

### 5.1 Resultados da otimização dos fluxos

A evolução do indicador que acompanha o projeto de otimização dos fluxos encontra-se na figura seguinte. Nesta figura é possível observar não só a evolução mensal como também verificar o indicador *Year To Date* em comparação com a *baseline*.

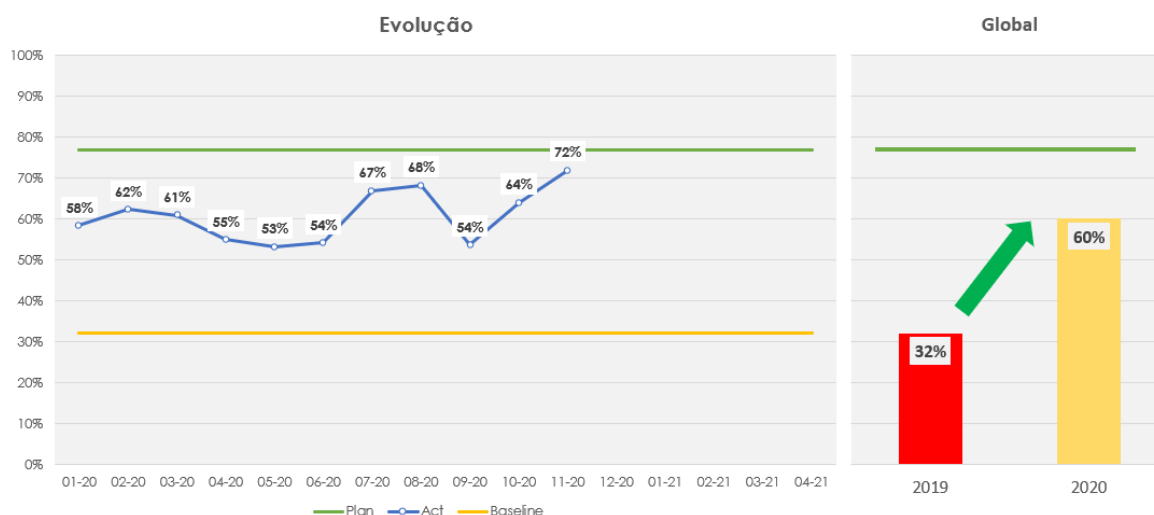


Figura 36 - Evolução Nível de Serviço

Pela evolução mensal, é possível concluir que nos últimos 3 meses existiu um crescimento no indicador num total de 18 pontos percentuais. Este crescimento pode ter ocorrido pelas implementações de melhoria feitas no projeto em análise com maior destaque para o planeamento estratégico onde foram definidas não só as referências em MTS e MTO, mas também as que são compradas numa estratégia de BTS BTO.

Um dos grandes problemas da empresa X era o elevado *lead-time* desde o pedido do cliente até à sua entrega e grande parte do *lead-time* concentrava-se no abastecimento dos materiais. Por isso a definição de referências em BTS e BTO foi crítico para esta melhoria. O ficheiro FPAEP desenvolvido começa também a ter já alguns impactos, mas é expectável que tenha impactos mais significativos no decorrer do ano de 2021.

Houve uma queda acentuada no início do ano que coincide com o início de confinamento no país que teve algum impacto na indústria. A grande queda de agosto deveu-se a perdas grandes de eficiência que poderão ser confirmadas na figura 36. Essas perdas de ineficiência deveram se à manutenção preventiva que existiu durante as primeiras três semanas do mês, mas que teve impacto no fim do mês de agosto/ princípio de setembro.

Apesar de tudo o indicador YTD já teve uma melhoria significativa apesar de ainda não ter atingido o objetivo expectável. Prevê se assim que o objetivo seja alcançado com o impacto positivo do ficheiro FPAEP.

## 5.2 Resultados da otimização dos recursos produtivos

Na figura seguinte é possível verificar a evolução mensal do indicador que acompanhou o projeto de otimização dos recursos produtivos. O indicador selecionado para acompanhar o projeto foi o *OEE* das linhas piloto onde estão a ser implementadas as soluções encontradas nos capítulos anteriores.

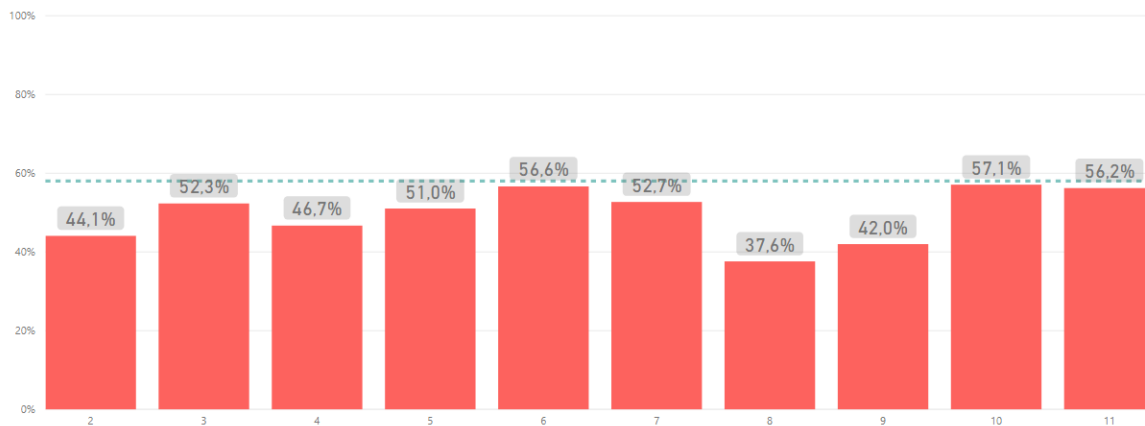


Figura 37 - Evolução OEE máquinas embaladoras com maior output

Nesta figura é possível acompanhar o indicador do *OEE* das máquinas embaladoras com maior *output*. Este indicador estava com uma tendência positiva desde o início do projeto, mas que teve uma quebra significativa nos meses de agosto e setembro. Esta quebra, como já referido anteriormente, deveu-se a uma manutenção preventiva que existiu nas máquinas da fábrica durante as primeiras 3 semanas de agosto, mas que teve um impacto negativo devido ao mau arranque nas semanas consequentes.

Contudo, existiu uma recuperação bastante positiva nos últimos dois meses de análise e que levam a concluir que as soluções já implementadas estão estabilizadas.

A evolução deste indicador deve-se em grande parte ao exercício de causas realizado com a equipa onde se chegaram a 7 soluções para ganhar eficiência nas referidas linhas. Três das soluções já foram implementadas, mas espera-se que as restantes quatro sejam implementadas durante o início de 2021 e que terão um impacto muito significativo.

Como resultado global, o indicador YTD encontra-se nos 51% muito por causa dos dois meses de falso arranque durante agosto e setembro. Tudo leva a concluir que o indicador atingirá o objetivo no fim do projeto de melhoria na empresa X e após serem implementadas as restantes 4 soluções encontradas.

### 5.3 Conclusões da Análise de Resultados

Ambos os indicadores de projeto, definidos no início do capítulo 4, encontram-se com uma tendência positiva ao longo do projeto, contudo ainda não atingiram os objetivos propostos no início do projeto.

Em relação ao indicador de nível de serviço ao cliente, é expectável que exista uma melhoria do indicador no início do ano de 2021 com o impacto direto do ficheiro FPAEP.

Em relação ao *OEE*, é expectável que exista uma melhoria significativa no indicador com a implementação das soluções desenhadas com a equipa.



## 6 Conclusão e Trabalho Futuro

---

Ao longo dos últimos tempos, a indústria farmacêutica tem sofrido alterações constantes devido aos desafios que são colocados. A resposta passa pela reinvenção dos processos produtivos e de abastecimento da cadeia de valor. O grande desafio desta indústria é o cumprimento dos *lead-times* acordados com os clientes sem criar stocks excessivos.

A empresa X é uma das principais empresas produtoras de fármacos em Portugal tendo alguns produtos bastante importantes na sua carteira de produtos. Dado o panorama atual e o aumento da procura, e conseqüentemente da produção, a empresa é desafiada a responder a esse desafio com um nível de serviço exigente e um *lead-time* ainda mais exigente.

Começa-se então, no capítulo 2, por apresentar o caso de estudo da empresa X onde não só é enquadrada como também é apresentado o IK. De seguida é feita uma síntese do processo produtivo da empresa X onde são descritas as várias fases da cadeia de valor. Após esta introdução são apresentados os problemas do caso de estudo proposto.

Nesta fase é identificado não só o baixo nível de serviço apresentado aos clientes, derivado ao elevado *lead-time* face ao acordado no SLA, como também uma baixa eficiência dos equipamentos produtivos com principal foco nas máquinas responsáveis pelo maior *output* na fase de embalagem.

Posteriormente foram apresentadas, no capítulo 3, as metodologias lean para o planeamento de produção onde primeiramente é contextualizada esta metodologia e a sua história. Após esta contextualização foram apresentadas as principais ferramentas lean para a estratégia de planeamento e ferramentas de apoio à eficiência dos equipamentos produtivos.

Da aplicação das duas abordagens propostas no capítulo 4 uma para o planeamento da empresa X e outra para a resolução dos problemas de eficiência, resultaram ferramentas de resolução dos problemas apresentados anteriormente.

Para o planeamento é proposto um planeamento pull com uma estratégia híbrida de MTS-MTO onde primeiramente são definidas não só as referências que entraram numa estratégia de MTS, mas também, a montante da cadeia de valor, as referências que serão colocadas numa estratégia de BTS e BTO. De seguida é feito um estudo de capacidade onde será possível perceber se as encomendas que se encontram em fila de espera, conseguirão ser realizadas face à capacidade instalada na fábrica.

Após o estudo de capacidade é construída a caixa de nivelamento e definida a ordem de entrada para definir o sequenciamento das encomendas. Para isso é definida uma pontuação que dará a prioridade à encomenda beneficiando sempre o nível de serviço ao cliente.

Para que a eficiência não seja ignorada, a pontuação garante que as encomendas são agrupadas por código de produto intermédio. Se as eficiências forem ignoradas, é previsível que exista um problema no planeamento de capacidade realizado no passo anterior.

Após todas as definições esclarecidas em cima, é impresso um *output* em forma de diagrama de Gant que torna visual todo o planejamento da empresa X. Para que todo este estudo seja feito com a maior frequência possível e de uma forma de fácil visualização e utilização, foi desenvolvida a ferramenta FPAEP.

Para resolver os problemas de eficiência das linhas produtivas, foi construída uma ferramenta de recolha e análise de dados para que seja possível identificar o problema. Após alguns meses de recolha de dados, foi realizado um desdobramento do problema de eficiência em vários níveis onde colmatou num problema grande de eficiência no alimentador da fase primária do embalamento.

Para que sejam contruídas as soluções, utilizou-se primeiramente o diagrama de *Ishikawa* onde foi possível desdobrar o problema de alimentação. Após o desdobramento foram identificados 7 problemas aos quais foram associadas 7 soluções. Para priorizar a implementação das soluções propostas utilizou se o gráfico de impacto e de esforço. Neste momento existem 3 soluções implementadas, 1 em implementação e 3 a aguardar autorização de investimento para serem implementadas.

Após a implementação das várias ferramentas, o indicador geral de projeto, o nível de serviço, aumentou 28 pontos percentuais. Quanto à eficiência das máquinas embaladoras onde o projeto incidiu, o aumento foi de 3 pontos percentuais.

Para que os objetivos dos projetos sejam alcançados, é necessário implementar todas as soluções desenhadas. Neste momento o impacto da ferramenta FPAEP será maior no início do ano de 2021 e prevê se alcançar o objetivo proposto. Contudo propõe-se que quando a ferramenta esteja implementada com resultados robustos, exista um desenvolvimento de um software numa plataforma com maior robustez face ao *Microsoft Excel*.

Em relação à eficiência já é possível observar melhorias, mas que é esperado que os investimentos propostos terão um impacto bastante significativo. Face aos elevados tempos de *set-up* das máquinas mencionadas, a utilização da ferramenta *SMED* (descrita com maior detalhe no capítulo 3) também revela ser relevante para o problema e é previsível que traga melhorias à eficiência das linhas.

## Referências

- Amin, M. A., & Karim, M. A. (2013). A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 51(4), 1146–1167.
- Bartoli, I., & Silva, M. B. (2015). Lean manufacturing voltado Para ea indústria siderúrgica Mto. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, December, 14.
- Beemsterboer, B., Land, M., & Teunter, R. (2016). Hybrid MTO-MTS production planning: An explorative study. *European Journal of Operational Research*, 248(2), 453–461.
- Bohnen, F., Maschek, T., & Deuse, J. (2011). Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 247–251
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1), 53–64.
- Brook, C. (2014). What Is a Pareto Analysis? *Business News Daily*, 1–5.
- Buliński, J., Waszkiewicz, C., & Buraczewski, P. (2013). Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture NoAnn. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Agricult*, 61(61), 89–96.
- Caswito, A., & Hidayat Sutawijaya, A. (2019). Analysis of Total Maintenance Productivity on Ships/Fleet To Increase Performance Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method and Analysis of Six Big Losses (Case Study of PT. XYZ). *American International Journal of Business Management (AIJBM)*, 2(9), 23–37.
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010a). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086.
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010b). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086.
- Dave, Y., & Sohani, N. (2012). *Single Minute Exchange of Dies: Literature Review*.
- Fernandes, N., Silva, C., & Carmo-Silva, S. (2014). *Order release in a hybrid MTO\_MTS two-stages production system Generic decision support tool View project Reconfigurability and design of manufacturing systems View project*.
- Floyd, R. C. (2010). *Liquid Lean: Developing Lean Culture in the Process Industries*.
- Frederic Laloux “Reinventing organizations,” 49 Nelson parker 380 (2014).
- Grabež, S., & Vranješ-Baričić, S. (2014). *IS* □ 14.
- Grewal, C. (2008). An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 15(3–4), 404–417
- Hervian, M. S., & Soekardi, C. (2016). Improving Productivity Based on Evaluation Score of Overall Equipment Effectiveness (OEE) Using DMAIC Approach on Blistering Machine. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(7), 736–739.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437.
- Horenbeek, A. Van, Pintelon, L., Bey-temsamani, A., & Bartic, A. (2014). Multi-objective optimization of OEE (Overall Equipment Effectiveness) regarding production speed and energy consumption. *European Conference of the Prognostics and Health Management Society*, 1–7.

- Imai, M. (1997). Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy. In *Library Journal* (Vol. 122).
- İşler, M., & Güner, M. (2014). *HEIJUNKA TECHNIQUE FROM LEAN PRODUCTION TOOLS AND ITS APPAREL APPLICATIONS*.
- James Vatalaro, R. T. (2005). *Implementing a Mixed Model Kanban System: The Lean Replenishment Technique*.
- Kaminsky, P., & Kaya, O. (2009). Combined make-to-order/make-to-stock supply chains. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 41(2), 103–119.
- King, P. L. (2009). *Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity, Second Edition*.
- Lippolt, C. R., & Furmans, K. (2008). *Sizing of Heijunka-controlled Production Systems with Unreliable Production Processes*.
- Lu, J. C., Yang, T., & Wang, C. Y. (2011). A lean *pull* system design analysed by value stream mapping and multiple criteria decision-making method under demand uncertainty. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(3), 211–228.
- Manuel, P., & Garcez, T. (2015). *Implementation of the Single Minute Exchange of Die ( SMED ) methodology in small to medium-sized enterprises : A Portuguese case study . Implementation of the Single Minute Exchange of Die ( SMED ) Methodology in Small to Medium-sized Enterprises : A Por. January 2013*.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673.
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466–473
- Nagib, A. N. M., Adnan, A. N., Ismail, A., Halim, N. H. A., & Khusaini, N. S. (2016). The Role of Hybrid Make-to-Stock (MTS) - Make-to-Order (MTO) and Economic Order Quantity (EOQ) Inventory Control Models in Food and Beverage Processing Industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160(1).
- Nusraningrum, D., & Arifin, Z. (2018). Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) on Engine Power Plant Performance. *KnE Social Sciences*, 3(10), 1270–1279.
- Ortiz, C. (2010). Kaizen vs. Lean: Distinct but related. *Metal Finishing*, 108(1), 50–51.
- Poppendieck, M. (2011). Principles of lean thinking. *IT Management Select*, 1–7. [http://world-scholarships.com/books/Books at LMDA/Lean Manufacturing/Poppendieck, Mary - Principles of Lean Thinking \(2002, 7p\).pdf](http://world-scholarships.com/books/Books at LMDA/Lean Manufacturing/Poppendieck, Mary - Principles of Lean Thinking (2002, 7p).pdf)
- Powell, D., Alfnes, E., & Semini, M. (2010). The application of lean production control methods within a process-type industry: The case of hydro automotive structures. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 338 AICT, 243–250
- Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing Push and *Pull* Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66–71.
- Renna, P. (2016). Production control policies for a multistage serial system under MTO-MTS production environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1–4), 449–459.
- Roser, C., & Nakano, M. (2015). Guidelines for the selection of FIFO lanes and supermarkets for kanban-based *pull* systems - When to use a FIFO and when to use a supermarket. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 460, 282–289.
- Sahu, S., Patidar, L., & Soni, P. K. (2015). 5S Transfusion to Overall Equipment Effectiveness (OEE) for Enhancing Manufacturing Productivity. *International Research Journal of Engineering and Technology*, November, 2395–56.
- Salehi, F., & Yaghtin, A. (2015). Action Research Innovation Cycle: Lean Thinking as a Transformational System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 181, 293–302.



- Schiraldi, M. (2013). *Operations Management*
- Shabaninejad, H., Mehralian, G., Rashidian, A., Baratimarnani, A., & Rasekh, H. R. (2014). Identifying and prioritizing industry-level competitiveness factors: Evidence from pharmaceutical market. *DARU, Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(1), 1–7.
- Shenyi, Y., Xiao, H., Yifei, L., & Gao. (2020). *Epidemic Response to COVID-19 in Pharmaceutical and Healthcare Industries Series Issue 2. 2.*
- Stojanović, M., & Regodić, D. (2017). The significance of the integrated multicriteria ABC-XYZ method for the inventory management process. *Acta Polytechnica Hungarica*, 14(5), 29–48.
- Subramani, A. (2014). *Optimizing Lot Sizes and Establishing Supermarkets in a Multi- Part, Limited-Capacity Manufacturing System.* 41–46.
- T. O'Connor O'Connor, S. L. (2017). *Pharmaceutical Manufacturing - an overview | ScienceDirect Topics.* In Developing Solid Oral Dosage Forms (Second Edition) Developing Solid Oral Dosage Forms (Second Edition)
- Tadeuz, & Maruf, A. (2016). Scheduling Method for MTS/MTO Production System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114(1).
- Tapping D., Luyster T., S. T. (2002). *Value Stream Management, New York, Productivity Press.*
- Ward, P., & Zhou, H. (2006). Impact of Information Technology Integration and Lean/Just-In-Time Practices on Lead-Time Performance\*. *Decision Sciences*, 37(2), 177–203.
- Womack, B. J. P., & Jones, D. T. (1992). The machine that changed the world: By James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos. *Business Horizons*, 35(3), 81–82.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. In *Journal of the Operational Research Society* (Vol. 48, Issue 11, p. 1148). Taylor & Francis.
- Wu, K. (2019). Proactive *Pull* Systems with Applications. *SSRN Electronic Journal.*
- Yano, S., Nagasawa, K., Morikawa, K., & Takahashi, K. (2019). A dynamic switching policy with thresholds of inventory level and waiting orders for MTS/MTO hybrid production systems. *Procedia Manufacturing*, 39(2019), 1076–1081.
- Zhou, B. (2016). Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241(1–2), 457–474.

Anexos:

Anexo A – Desdobramento em dois níveis das paragens das embaladoras

NIVEL 1	NIVEL 2
<b>Abastecimento</b>	EMBALAGENS PRODUTO LITERATURA PVC ALUMINIO OUTRO
<b>Mecânico Primário</b>	MÁ FORMAÇÃO_Formato MÁ FORMAÇÃO_Refrigeração MÁ FORMAÇÃO_Ajuste Placas Formação MÁ FORMAÇÃO_Ajustes Temperatura MÁ FORMAÇÃO_Materials AJUSTE DE MÁQUINA (PASSO DA MÁQUINA) ALIMENTAÇÃO_ENTUPIMENTOS ALIMENTAÇÃO_SISTEMA DE VIBRAÇÃO ALIMENTAÇÃO_ENTRADA NO BLISTER ALIMENTAÇÃO_ASPIRAÇÃO SELAGEM_Formato SELAGEM_Ajuste Temperatura SELAGEM_Ajuste Mecânico SELAGEM_Materials CORTE BLISTER ALVEOLOS PISADOS CENTRAMENTO DO ALUMINIO AJUSTES/ TROCA TINTEIROS
<b>Mecânico Secundário</b>	GUK_Ajuste código laetus GUK_Ajuste dobragem do folheto GUK_Ajuste sistema transporte da literatura GUK_Substituição de correias FORMAÇÃO CAIXA INTRODUÇÃO BLISTERES E LITERATURA FECHO CAIXA TAMPER EVIDENCE AJUSTES/ TROCA TINTEIROS AJUSTE MULTIPACK DOWNLOAD ENCOMENDA WIPOTEC
<b>PARAGENS E PAUSAS</b>	ALMOÇO JANTAR INTERVALO
<b>ELETRICO</b>	PARAGEM ELÉTRICA
<b>Planeamento</b>	AJUSTE PLANEAMENTO
<b>Outro</b>	Outro

*Desdobramento em dois níveis das paragens das embaladoras*

## Anexo B - Desdobramento em dois níveis das atividades dos set-ups das embaladoras

NIVEL 1	NIVEL 2
<b>SetUp Completo MFMC (3h)</b>	DESMONTAGEM 10 min
	HIGIENIZAÇÃO 60 min
	MONTAGEM 120 min
	ARRANQUE 50 min
<b>SetUp Completo DFDC (3h)</b>	DESMONTAGEM 10 min
	HIGIENIZAÇÃO 60 min
	MONTAGEM 120 min
	ARRANQUE 50 min
<b>SetUp Completo MFDC (3h)</b>	DESMONTAGEM 10 min
	HIGIENIZAÇÃO 60 min
	MONTAGEM 120 min
	ARRANQUE 50 min
<b>SETUP LOTE (1h)</b>	HIGIENIZAÇÃO 20 min
	DOCUMENTAÇÃO 40 min
<b>SetUp Apresentação (1h30min)</b>	HIGIENIZAÇÃO 15 min
	MONTAGEM 60 min
	ARRANQUE 15 min
	DOCUMENTAÇÃO

*Desdobramento em dois níveis das atividades dos set-ups das embaladoras*

## Anexo C – Matriz impacto esforço das soluções para os problemas de alimentação



*Matriz impacto esforço das soluções para os problemas de alimentação das embaladoras*

