

# **Construção de um modelo de suporte ao planeamento da produção**

*Roxana Ysabel Gonçalves da Côte*

**Dissertação de mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques

**U. PORTO**

**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial**

2017-06-26



*Dedicado a mis padres y hermano*



# Resumo

A presente dissertação integra a análise ao modelo de planeamento da produção de uma empresa industrial dedicada à produção de soluções eletrónicas para a integração em sistemas de segurança e comunicação. Esta empresa atravessa uma etapa de expansão caracterizada pela incorporação de novos produtos ao portfólio da empresa. Com os recursos atuais, a gestão das ordens de compra dos clientes é dificultada devido à complexidade do portfólio de produtos e às restrições do sistema produtivo para a programação da produção.

A motivação do presente trabalho prende-se com a melhoria do nível de serviço prestado ao cliente. A análise do modelo de planeamento, nas diferentes fases do processo, permitiu a construção de ferramentas de suporte e a definição de métodos que visam melhorar o processo atual de planeamento da produção da empresa.

O trabalho desenvolvido permitiu a identificação de oportunidades de melhoria nas diferentes fases do processo. Das áreas abordadas destacam-se o modelo de previsão das necessidades de produção, o planeamento da logística e o planeamento das operações. A investigação é integrada pelo diagnóstico do atual modelo de previsão, pela análise da estratégia para a gestão de *stocks* de materiais e pela definição de um modelo de gestão das atividades relacionadas com o nível operacional de planeamento.

O principal contributo do projeto compreende a definição e implementação de uma solução de suporte à tomada de decisão para o planeamento da produção e controlo das ordens de compra. Esta solução permite o sequenciamento das ordens de compra dos clientes e, posteriormente, o escalonamento ou programação da produção. A solução inclui a funcionalidade de monitorização da produção planeada.

Dos resultados da dissertação destacam-se o desenvolvimento de uma ferramenta em VBA - *Visual Basic for Applications*, com base num modelo de previsão e, por último, a aplicação de um método de gestão de *stocks*, que permite a definição do nível do *stock* de segurança em função do nível de serviço pretendido pela empresa.

**Palavras chaves:** *Planeamento da produção; escalonamento da produção; sequenciamento.*



# Abstract

This thesis presents the analysis of the production planning model of an industrial company dedicated to the production of electronic solutions for security and communication systems. This company is currently undergoing an expansion that incorporates new products to the company's portfolio. With today's resources, customer order management is hampered by the complexity of their production portfolio and constraints of the production system.

The motivation for this research is to improve the company's customer service level. The production planning process approach allowed the creation of support tools and the definition of methods that improve the company's current production planning process.

The developed work allowed the identification of improvement opportunities in the different phases of the process. The covered areas include the forecasting model, logistics planning and operations planning. The research is based on the study of the current forecast model, analysis of the stock management policy and the definition of a management model for the activities at the operational planning level.

The project's main contribution is the definition and implementation of a decision making solution for production planning and customer orders control. This solution allows to define the customer's orders planning sequence and production scheduling, including the planned production monitoring feature.

To support the forecast activities, a forecasting model was introduced alongside the development of a tool in VBA - Visual Basic for Applications. The project also includes the identification of a stock management method that allows to set the material's safety stock based on the service level established by the company.

**Palavras chaves:** *Production planning; scheduling; sequencing.*





# Agradecimentos

Neste ponto, apresento os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas envolvidas no presente trabalho que, direta ou indiretamente, contribuíram para a sua realização.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Augusto de Pina Marques, pela orientação e apoio ao longo de todo o trabalho.

Agradeço ao meus colegas da *Bosch Security Systems*. O sucesso do projeto não teria sido possível sem o vasto contributo e suporte da equipa de planeamento que, através das suas diretrizes, contribuíram para o desenvolvimento e implementação das soluções propostas. Deve ainda ser referida a colaboração do Carlos Costa, líder do departamento, que revelou uma presença ativa no acompanhamento do projeto em todas as suas etapas.

Em especial, agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional. Agradeço-lhes toda a educação e os valores que me passaram ao longo da minha vida. O apoio constante e os ensinamentos que por eles me foram transmitidos, permitiram-me sempre ultrapassar todos as dificuldades que surgiram ao longo do trajeto percorrido.

Não poderia deixar de agradecer à minha família e amigos pelo apoio incondicional, fundamental para o meu crescimento. Quero agradecer ao meu irmão, Miguel Gonçalves e, em especial, ao Miguel Cunha pelas horas de apoio.

Manifesto o meu agradecimento aos meus amigos e colegas de curso que estiveram comigo ao longo do nosso percurso académico.

A todos vós, sem exceção, o meu muito obrigado.

Roxana Gonçalves Côrte



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento do projeto e motivação . . . . .	1
1.2	Âmbito do projeto . . . . .	4
1.3	Metodologia de análise e estrutura da dissertação . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Revisão da literatura</b>	<b>5</b>
2.1	Sistemas de produção . . . . .	5
2.1.1	Filosofia <i>Lean</i> . . . . .	6
2.1.2	<i>Bosch Production System</i> . . . . .	8
2.2	Gestão das operações e cadeia logística . . . . .	10
2.3	Planeamento e controlo da produção . . . . .	11
2.4	Desafios associados ao planeamento baseado em previsões . . . . .	14
2.5	Gestão de <i>stocks</i> . . . . .	16
2.6	Escalonamento da produção . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Apresentação do caso de estudo</b>	<b>21</b>
3.1	Gestão da produção . . . . .	21
3.2	Modelo atual do planeamento da produção . . . . .	23
3.2.1	Definição das necessidades de produção . . . . .	25
3.2.2	Planeamento da logística . . . . .	25
3.2.3	Planeamento das operações . . . . .	27
3.3	Estratégia de análise ao atual modelo de planeamento . . . . .	28
<b>4</b>	<b>Análise ao atual modelo de planeamento</b>	<b>30</b>
4.1	Previsão das necessidades de produção . . . . .	30
4.1.1	Modelo atual de previsão das necessidades de produção . . . . .	30
4.1.2	Análise dos erros de previsão . . . . .	33
4.2	Planeamento da logística . . . . .	35
4.2.1	Planeamento das necessidades de materiais . . . . .	36
4.2.2	Utilização da capacidade produtiva nas células de produção . . . . .	39
4.3	Desvios da produção real face à produção planeada . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Apresentação da solução</b>	<b>43</b>
5.1	Processo de sequenciamento das ordens de compra . . . . .	44
5.2	Processo de escalonamento da produção . . . . .	48
<b>6</b>	<b>Conclusões e perspetivas de trabalho futuro</b>	<b>50</b>
	<b>Referências</b>	<b>52</b>

<b>Anexo A: Identificação de oportunidades de melhoria</b>	<b>54</b>
<b>Anexo B: Previsão da procura definida pelos clientes do negócio</b>	<b>55</b>
<b>Anexo C: Ferramenta de suporte ao modelo de previsão</b>	<b>56</b>
<b>Anexo D: Ferramenta de suporte ao planeamento das operações</b>	<b>57</b>

# Lista de Figuras

1.1	Representação do negócio. . . . .	2
1.2	Famílias de produtos e áreas de negócios do portfólio da empresa (Fonte: Intranet do grupo Bosch). . . . .	3
2.1	Processos críticos na cadeia de valor. . . . .	9
2.2	Planeamento hierárquico da produção (adaptado de Jacobs and Chase, 2014). . . . .	11
2.3	Níveis estratégicos do sistema de planeamento e controlo da produção (adaptado de Vollmann et al., 1997) . . . . .	12
2.4	Método estocástico de revisão contínua. . . . .	18
3.1	Representação do processo produtivo da empresa. . . . .	22
3.2	Fases do processo atual de planeamento da produção. . . . .	24
3.3	Número de materiais em rutura, por semana, relativo ao ano 2016. . . . .	26
3.4	Planeamento das operações. . . . .	28
4.1	Fluxograma do processo de previsão das necessidades de produção. . . . .	31
4.2	Exemplificação do processo de previsão das necessidades de produção (Exemplo 1). . . . .	32
4.3	Exemplificação do processo de previsão das necessidades de produção (Exemplo 2). . . . .	33
4.4	Previsão inicial e previsão ajustada dos produtos de elevado volume de produção na célula piloto no ano 2016. . . . .	34
4.5	Ferramenta de suporte à previsão das necessidades de produção. . . . .	35
4.6	Comparação dos diferentes métodos para o cálculo do <i>stock</i> de segurança. . . . .	38
4.7	Distribuição da carga planeada. . . . .	39
4.8	Distribuição da carga real. . . . .	40
4.9	Desvios da produção real relativamente à planeada (Produto 1). . . . .	40
4.10	Desvios da produção real relativamente à planeada (Produto 2). . . . .	41
4.11	Desvios da produção real relativamente à planeada (Produto 3). . . . .	41
4.12	Análise dos desvios da produção real. . . . .	42
5.1	Fluxo de atividades na ferramenta desenvolvida. . . . .	44
5.2	Modelo de sequenciamento das ordens de compra recebidas das unidades de negócio. . . . .	45
5.3	Exemplos de atribuição de prioridade às ordens de compra. . . . .	47
5.4	Matriz de sequenciamento das ordens de compra. . . . .	47
5.5	Solução desenvolvida para a monitorização da produção. . . . .	49
5.6	Solução desenvolvida para o processamento das ordens de produção. . . . .	49



# Lista de Tabelas

2.1	Métodos de previsão. . . . .	15
2.2	Regras de prioridade (Jacobs and Chase, 2014). . . . .	20
5.1	Variáveis de decisão do modelo proposto para o sequenciamento das ordens de compra. .	46
5.2	Análise da criticidade das encomendas. . . . .	46





# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

BBS	Sistema de Gestão do Negócio Bosch
BPS	Sistema de Produção Bosch
EDD	<i>Earliest Due Date</i>
EMEA	Europa, Médio-Oriente e África
EP	Erro Percentual
EPAM	Erro Percentual Absoluto Médio
EPM	Erro Percentual Médio
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FCFS	<i>First Come, First Serve</i>
LT	<i>Lead Time</i>
MPS	<i>Master Production Scheduling</i>
MRP	<i>Material Resource Planning</i>
MTO	<i>Make-to-order</i>
MTS	<i>Make-to-stock</i>
PPC	<i>Production Planning and Control</i>
ROP	<i>Reorder point</i>
SS	<i>Stock de segurança</i>

## Lista de símbolos

$\sigma_A$	Desvio padrão da procura durante o prazo de entrega
$\sigma_u$	Desvio padrão da procura por unidade de tempo
$\mu_A$	Procura média no prazo de entrega do fornecedor
$\mu_u$	Procura média por unidade de tempo
$\mu_p$	Procura diária média prevista
$z$	Nível de serviço



# Capítulo 1

## Introdução

O presente projeto de dissertação integra os conhecimentos adquiridos no mestrado em Engenharia e Gestão Industrial com a sua aplicação num ambiente empresarial. Esta integração promove a definição de novos desafios relacionados com problemas reais, assim como a necessidade de participar ativamente no processamento de dados e na implementação de propostas que contribuam para a resolução do problema proposto.

Entre os objetivos do projeto encontram-se a análise do processo de planeamento da produção, nos diferentes níveis de gestão, a identificação de focos de melhoria nas atividades que constituem o processo e a construção de um modelo de suporte à tomada de decisões relacionadas com a gestão de cliente e planeamento das operações. Devido à abrangência do processo de planeamento, as análises efetuadas incidem em diversas áreas da empresa, sendo que o contributo mais significativo foi na área de gestão da produção, através da construção de um modelo de suporte que facilita a gestão dos clientes, processamento das ordens de produção e com a gestão das operações diárias.

No sub-capítulo seguinte, pretende-se contextualizar o ambiente empresarial no qual o projeto foi desenvolvido, apresentar o âmbito do projeto, objetivos e metodologia adotada no processo de investigação, finalizando com a introdução da estrutura do relatório de dissertação.

### 1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A presente dissertação foi desenvolvida numa empresa industrial, pertencente à divisão de Sistemas de Segurança do grupo Bosch. A empresa produz soluções eletrónicas para posterior integração em sistemas de segurança nas áreas de vídeo, conferências e detetores de incêndios. A divisão Sistemas de Segurança é atualmente constituída por três unidades industriais, tendo o presente projeto decorrido na unidade situada em Ovar, Portugal.

Atualmente, o grupo encontra-se numa fase de crescimento, integrando novas áreas de negócio no seu portfólio. Como consequência, evidencia-se um crescimento do volume de vendas assim como um aumento do grau de complexidade na gestão da empresa. Esta complexidade é também consequência da estratégia de negócio adotada pela empresa, caracterizada pela produção de baixos volumes de uma grande diversidade de produtos.

A análise apresentada será orientada pelos processos desenvolvidos a nível tático e operacional da empresa, delineando assim o horizonte de estudo do presente projeto nos parâmetros que integram estes dois níveis de gestão.

Como objetivo, em 2020, a empresa ambiciona ser uma organização de referência na sua área de atuação. Esta ambição é transmitida na sua visão:

*“Somos uma organização de referência em soluções eletrónicas competitivas de elevada qualidade, promovendo o crescimento sustentado e uma cultura de excelência, sendo o parceiro preferido dos nossos clientes”.*

Na visão da empresa é possível destacar a preocupação pela qualidade dos produtos, crescimento sustentável e foco no cliente, sendo estes valores característicos da organização considerados ao longo do projeto. Para além da visão, são definidos como pilares todos os processos críticos que tornam possível a concretização da proposta de valor da empresa. Estes processos incluem a industrialização, o aprovisionamento de materiais, a produção e a entrega dos produtos.

Em termos de industrialização e negócios, a divisão marca presença em 5 localizações a nível mundial, contando com três centros de distribuição e equipas responsáveis pela gestão dos clientes nas divisões geográficas de *EMEA* (Europa, Médio-Oriente e África), *Ásia* e *América*. Os principais clientes da empresa em estudo são as unidades de negócio da divisão Sistemas de Segurança do grupo Bosch. Estas unidades são responsáveis pela gestão dos clientes da divisão de Sistemas de Segurança do grupo Bosch e monitorização das operações nos centros de distribuição (Figura 1.1).

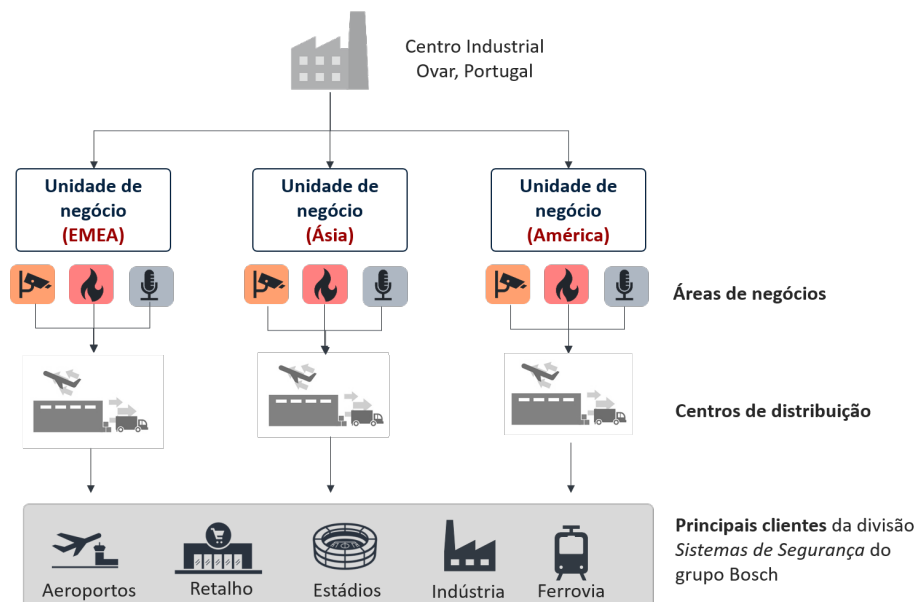


Figura 1.1 – Representação do negócio.

O portfólio da empresa encontra-se distribuído por três áreas de negócios. Na Figura 1.2 são ilustradas as famílias de produtos pertencentes a cada área. A área de negócio com maior peso no volume de vendas da empresa é a área de segurança, nomeadamente com os produtos da família vídeo. Por este motivo o presente projeto será desenvolvido com base numa amostra piloto relativa a esta área de negócio. Em relação ao mercado alvo, ou cliente final, serão incluídos projetos de elevada envergadura tais como aeroportos, estádios, retalhos, estações de comboio e projetos relacionados com energias renováveis.

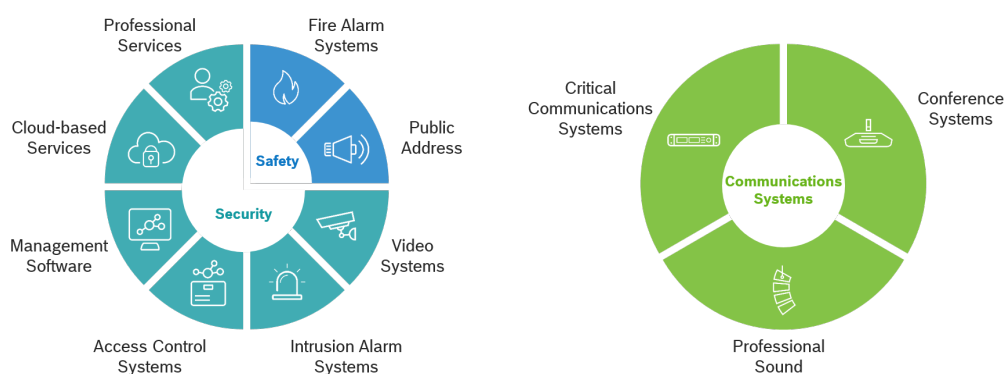


Figura 1.2 – Famílias de produtos e áreas de negócios do portfólio da empresa (Fonte: Intranet do grupo Bosch).

Os processos críticos da cadeia de valor da empresa, alusivos ao aprovisionamento de materiais, produção e entrega dos produtos, são fulcrais para o desenvolvimento do presente projeto de dissertação. As atividades de planeamento e operações logísticas promovidas nos processos mencionados, representam o ponto de partida para a formulação dos objetivos do projeto. Fatores como o modelo de aprovisionamento de materiais, o sistema de produção e a estratégia produtiva da empresa são também temas abordados no presente trabalho.

O ambiente industrial no qual o projeto é inserido, rege-se pelas diretrizes promovidas pela metodologia denominada *Bosch Production System (BPS)*. Os princípios desta metodologia serão abordados com maior ênfase no Capítulo 2. A equipa responsável pelas atividades relacionadas com a gestão da cadeia de abastecimento e planeamento da produção é dividida em três grupos, tendo como responsabilidades principais a gestão da rede de distribuição, o aprovisionamento de materiais e o planeamento da produção, respetivamente. O presente projeto insere-se, mais especificamente, na equipa de *CLP2, Customer Logistics and Planning*, cujas atividades principais incluem o planeamento da produção e a gestão de clientes.

## 1.2 Âmbito do projeto

A gestão da produção divide-se em duas áreas principais: uma primeira, relacionada diretamente com a transformação de materiais em produtos acabados; e uma segunda, correspondente à gestão do sistema produtivo, planeamento da produção e controlo das atividades do negócio (Grabot et al., 2014). O problema proposto compreende a segunda área de incidência, integrando a análise do processo de planeamento da produção nos diferentes níveis de planeamento. O âmbito do presente projeto compreende, principalmente, os níveis tático e operacional, isto é, o planeamento da produção no médio e curto prazo.

O principal objetivo do presente projeto de dissertação é a construção de um modelo de suporte às atividades desenvolvidas no planeamento da produção, em particular, a construção de uma solução que facilite a tomada de decisão para a gestão dos requisitos de clientes e a monitorização da produção. Para desenvolvimento do projeto, será adotada uma análise orientada a processos, permitindo assim a avaliação das diversas atividades que fazem parte do processo de planeamento. Os objetivos específicos propostos compreendem o levantamento das principais fases do processo de planeamento da empresa, caracterização da situação atual do processo de planeamento, identificação de oportunidades de melhoria, identificação de soluções para as oportunidades de melhoria encontradas e, por último, o desenvolvimento e implementação de uma ferramenta de suporte às atividades de gestão das necessidades dos clientes e monitorização do planeamento da produção.

## 1.3 Metodologia de análise e estrutura da dissertação

Este subcapítulo pretende descrever a metodologia de análise implementada e a sua relação com a estrutura da dissertação. Cada capítulo do presente projeto tem como finalidade dar resposta a um ou mais objetivos definidos no subcapítulo anterior.

O presente capítulo permite contextualizar o ambiente empresarial no qual o projeto foi desenvolvido, definir o âmbito do projeto e delinear a estrutura do relatório. Seguidamente, no Capítulo 2 descreve-se a literatura utilizada como suporte para a formulação da investigação e análise do problema, nomeadamente relacionada com os princípios base dos sistemas de produção, com a identificação dos fatores intervenientes na estrutura de planeamento e com as abordagens científicas para o planeamento e controlo da produção. O Capítulo 3 apresenta informação relativa ao atual modelo de planeamento nas suas diferentes fases (definição das necessidades de produção, planeamento da logística e planeamento das operações). No Capítulo 4 são expostas as análises efetuadas para avaliar o estado atual do processo de planeamento e para identificar as oportunidades de melhoria. O Capítulo 5 descreve o modelo desenvolvido para dar resposta ao problema proposto. Finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho e as oportunidades de desenvolvimento futuro.

## Capítulo 2

# Revisão da literatura

O presente capítulo tem como objetivo expor os conceitos e ferramentas que apoiaram o desenvolvimento e a implementação do projeto.

A revisão da literatura inicia-se com a contextualização dos sistemas de produção. Nas secções seguintes, com o objetivo de descrever de forma integrada as atividades envolvidas no planeamento da produção, serão analisadas algumas particularidades da gestão das operações e da cadeia logística. Serão ainda introduzidos mecanismos de planeamento e controlo da produção, os desafios associados ao planeamento baseado na procura do cliente, a gestão de *stocks* e, por último, algumas características do planeamento das operações de produção.

### 2.1 Sistemas de produção

A denominação *sistema de produção* é utilizada para descrever a organização das atividades intervenientes no processo de transformação dos recursos em produtos acabados. A abordagem sistemática permite relacionar todos os elementos do processo produtivo com um objetivo comum (Bellgran and Säfsten, 2009).

Os sistemas produtivos, nas suas diversas variantes, têm evoluído nos últimos tempos. Inicialmente, no século XX, os sistemas caracterizaram-se por uma produção robusta e de elevados volumes, introduzida por Henry Ford em 1914 (Fleury et al., 2014). Atualmente, os novos sistemas promovem uma produção mais flexível e diversa, como consequência da necessidade de adaptação aos mercados (Hines et al., 2004).

Os esforços efetuados para responder à elevada volatilidade dos mercados têm provocado um aumento de complexidade, tanto nos sistemas produtivos como nas redes logísticas. As empresas industriais, motivadas pela necessidade de otimizar os seus sistemas, têm desenvolvido princípios e *standards* que fomentam a eficiente utilização dos recursos, assim como a eliminação de desperdícios na cadeia de valor (Monden, 2011). Entre os sistemas produtivos mais significativos, destaca-se o sistema de produção *Toyota* (TPS) baseado na filosofia *Lean*. Esta filosofia é de vital importância para contextualizar o ambiente industrial no qual o projeto foi inserido.

### 2.1.1 Filosofia *Lean*

A produção *Lean* é considerada, no contexto industrial, como a abordagem dos sistemas produtivos mais significativa dos últimos 50 anos (Jacobs and Chase, 2014). Esta abordagem foca-se na diminuição do desperdício mediante a análise das atividades do sistema, considerando como desperdício os movimentos do processo que não acrescentem valor ao resultado final, como por exemplo os fluxos não devidos, excessos de inventário ou qualquer atividade que consume recursos mas não contribui para a melhoria do produto acabado.

O termo *Lean* foi apresentado originalmente por Womack & Roos, no livro “A Máquina que mudou o mundo” (Womack et al., 1990). O alcance da filosofia *Lean* vai além da aplicação de um conjunto de ferramentas específicas. Liker (2006) refere-se à filosofia como um processo de aprendizagem e transformação cultural, os seus pilares estabelecem que o processo de aprendizagem e melhoria não tem ponto de paragem, pelo contrário, a melhoria contínua contribui para a evolução e aperfeiçoamento das organizações (Liker and Morgan, 2006).

O sistema de produção *Lean* surgiu nas empresas japonesas, especificamente no sector automóvel, impulsionado pela *Toyota Motor Company*. O sistema surge através da necessidade de desenvolver novos métodos para a produção de veículos, contrários aos padrões implementados pela indústria americana, motivada pelo sistema de produção em massa, promovidos pela *Ford Company* e *General Motors*. Os novos métodos procuravam a implementação de sistemas mais flexíveis com o objetivo de fortalecer a presença no mercado. Desta necessidade resultou um novo modelo de sistema de produção, conhecido como sistema de produção *Toyota*, o primeiro sistema concebido com base nos princípios *Lean* de produção (Liker and Morgan, 2006). Embora tenha começado na indústria automóvel, a filosofia *Lean* é utilizada em empresas de diversas atividades, desde a transformação de matérias-primas até ao setor de distribuição e de serviços.

Atualmente, diversas empresas aplicam aos seus sistemas produtivos esta filosofia de produção. Com o objetivo de contextualizar o sistema de produção representativo da organização em análise, serão introduzidos alguns elementos chave para o seu entendimento. Os elementos abordados estão relacionados com o processo produtivo, a cadeia logística, a estratégia produtiva e os sistemas de informação.

#### **O processo produtivo**

Os critérios de seleção do processo produtivo são influenciados pela estratégia do negócio e pela necessidade de uniformização do trabalho no ambiente fabril. Entre as principais estruturas destacam-se as linhas de montagem, as células de produção, os centros de trabalho, os processos contínuos e os projetos (Jacobs and Chase, 2014). No presente projeto, atribuir-se-á especial ênfase às células de produção, sendo esta a estrutura adotada pela empresa em estudo. As células de produção consistem num conjunto de áreas dedicadas à produção de famílias de produtos com características semelhantes. Estas áreas são especialmente desenhadas para a execução de uma série de atividades, permitindo a redução do tempo de mudança entre produtos (*set-up*), baixa necessidade de recursos e otimização do fluxo produtivo entre postos de trabalho (Framinan et al., 2014).



### **A cadeia logística**

Um elemento importante, relacionado com a estratégia produtiva e o processo de planeamento, é o fluxo de informação na cadeia de logística. A partilha deficiente de informação ao longo dos canais de distribuição da cadeia logística, pode ser traduzida em baixos desempenhos organizacionais. Entre as disfunções organizacionais destaca-se o *bullwhip effect* ou "efeito chicote", em português. Este fenómeno resulta da deformação da informação ao longo do seu fluxo na cadeia. O efeito pode ser originado, entre outros motivos, pelas mudanças significativas na procura do cliente, ganhando intensidade à medida que flui na cadeia logística. A otimização local dos recursos tem como consequência a desestabilização da informação na cadeia de abastecimento. Normalmente, com o objetivo de proteger a cadeia logística, as empresas implementam estratégias produtivas que visam amortecer as variações da procura do cliente e manter o fluxo estável, destacando a utilização de supermercados de produtos acabados e a definição de uma produção uniforme, também conhecida como produção nivelada (Pinto, 2014).

### **A estratégia produtiva**

O nivelamento é definido, no sistema de produção *Toyota*, como o processo de uniformização das operações na cadeia produtiva, incidindo sobre o volume de produção e a diversidade de referências. O seu objetivo é garantir o fluxo constante dos produtos de acordo com a taxa de consumo do mercado. O termo *heijunka* refere-se à ferramenta, utilizada na filosofia Lean, que permite o nivelamento da produção, tanto em dimensão como em *mix* de produtos. A ferramenta tem por objetivo amortecer a variabilidade da procura através de padrões de produção pré-estabelecidos, evitando a incorporação de *stocks* elevados para combater os picos na procura e garantindo a diminuição do tempo em inventário dos materiais (Liker and Morgan, 2006). A utilização do *heijunka* de produção é suportada através da implementação dos conceitos de supermercados e de *kanbans* de produção.

O termo *kanban* é constituído pela junção das palavras japonesas *kan* que significa “cartões” e *ban* que significa “sinal”. Os *kanbans* de produção são dispositivos utilizados para o controlo e monitorização do fluxo produtivo. Estes cartões podem ser utilizados para representação de ordens de produção e são responsáveis pela identificação dos produtos durante o processo produtivo (Jacobs and Chase, 2014).

### **Os sistemas de informação ERP**

Os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) adquirem diferentes dimensões consoante o ponto de vista de abordagem. Para as atividades de gestão, o sistema ERP fornece informação de suporte às atividades de tomada de decisão relativas ao planeamento e controlo do negócio. Numa abordagem mais global, o sistema ERP é considerado como um sistema de informação integrado, que disponibiliza informação para diversas áreas funcionais das organizações, entre elas, finanças, produção, inventários, vendas, marketing e recursos humanos (Jacobs and Chase, 2014). Para efeitos do projeto, a importância do sistema ERP assenta na integração da informação necessária para a gestão das atividades de planeamento e controlo das operações de produção.

### 2.1.2 *Bosch Production System*

O sistema de produção Bosch (BPS), concebido em 2002, tem como principal objetivo promover a filosofia de melhoria contínua ao longo da cadeia de abastecimento, fomentando uma visão integrada do negócio e abrangendo a cadeia de valor desde o desenvolvimento do produto até a satisfação do cliente final. O sistema estabelece a utilização de ferramentas de análise visual (*value stream*), permitindo estudar as atividades desenvolvidas nos diferentes processos do negócio e monitorizar a criação de valor em cada etapa.

O BPS é um subsistema do sistema de gestão de negócios do grupo Bosch (*BBS, Bosch Business System*). O BBS é um reflexo dos processos centrais da cadeia de valor do grupo, envolvendo as atividades de vendas e marketing, engenharia e fabricação dos produtos. Em particular, dentro do BBS, o BPS corresponde ao processo de satisfação da encomenda do cliente, incluindo as atividades de receção das ordens de cliente, planeamento da produção e expedição das encomendas.

#### **História**

O BPS foi estabelecido em 2002. A necessidade de uma estrutura de suporte ao processo produtivo inicia-se após os colaboradores da organização fazerem fortes críticas relacionadas com problemas de eficiência do processo e de defeitos de qualidade dos produtos. Inicialmente, o BPS fundamentou-se na aplicação de filosofias concebidas no século XX, integrando princípios como a flexibilidade produtiva, o *just-in-time* e a uniformização das atividades do processo produtivo. Os objetivos centrais do BPS são a redução de custos, produtos com zero defeitos e prazos de entrega reduzidos. Planejar, produzir e entregar os produtos certos nas quantidades certas, é a missão principal do BPS (Bähr and Erker, 2015).

O sistema produtivo tem evoluído nos últimos anos. Em particular, entre os anos 2010 e 2013, verificaram-se importantes evoluções do BPS, destacando-se a estratégia *make-to-order* e a estratégia produtiva nivelada.

#### **Princípios do sistema de produção Bosch**

O BPS tem como base os princípios de gestão promovidos no TPS, o sistema criado nos anos 50 por *Taiichi Ohno* que se tornou uma referência para as empresas industriais nos diferentes setores económicos (Liker and Morgan, 2006).

O BPS promove uma estratégia de gestão orientada a processos, destacando a implementação de ferramentas visuais como mecanismos de suporte para a análise e monitorização das atividades relativas aos processos da cadeia de valor da empresa.

De forma global, a cadeia de valor é constituída por três processos críticos: Aproveitamento (*source*), relacionado com os fornecedores de materiais; Produção (*make*), relacionado com as atividades de produção interna e, por último, Entrega (*deliver*) do produto acabado ao cliente. Na Figura 2.1 encontram-se representados os três elementos que fazem parte da cadeia de valor da organização.



Figura 2.1 – Processos críticos na cadeia de valor.

As atividades de provisionamento, principalmente relacionadas com materiais, iniciam-se com o envio da previsão das necessidades de produção aos fornecedores. Esta troca de informação é executada em diferentes horizontes temporais, consoante o prazo de entrega e o impacto do produto para a empresa. Entre os indicadores chave do processo destacam-se a qualidade dos fornecedores, o custo dos materiais, o nível de inventário e o número de fornecedores locais.

Quanto às atividades de produção, o BPS compreende a implementação de células especificamente orientadas para a produção de famílias de produtos com características próprias. O objetivo das células é dinamizar a produção, diminuindo o tempo de preparação da célula entre produtos e facilitando o fluxo do processo produtivo. Estas atividades são também caracterizadas pela implementação, a montante da cadeia, de supermercados de materiais e produtos pré-montados, facilitando o fornecimento das células de produção. O fluxo da informação no processo produtivo é definido através da utilização de *kanbans* de produção, dando maior transparência e sincronização ao processo (Black and Hunter, 2003). Os indicadores críticos são, principalmente, relativos à eficiência do processo produtivo.

Em relação às entregas dos produtos acabados, destacam-se todas as atividades logísticas que garantem as entregas dos produtos até ao cliente final. Entre os principais indicadores encontram-se o tempo de entrega dos produtos, o nível de serviço prestado ao cliente e a qualidade do método de previsão da procura do cliente.

Finalmente, o BPS fundamenta-se em oito pilares, identificados como *standards* de referência em todas as atividades desenvolvidas dentro da empresa: (i) A implementação do modelo de produção *pull*, relacionando o processo produtivo com a procura real do cliente. Neste modelo de produção, o planeamento das ordens de produção é despoletado pelo consumo real do cliente, garantindo-se assim a produção de produtos apenas no momento em que são necessários (Black and Hunter, 2003); (ii) A *eliminação de defeitos*, orientado pela introdução da manutenção preventiva com o objetivo de garantir o processamento de produtos com zero defeitos; (iii) A *gestão orientada a processos*, este princípio promove o fluxo do sistema orientado pelo resultado final esperado e não pelas responsabilidades internas de cada fase do processo de produção; (iv) A *flexibilidade*, promovendo a adaptação dos produtos e serviços de forma rápida e versátil às necessidades reais dos clientes; (v) A *uniformização do processo*, mediante a implementação e normalização das melhores práticas; (vi) A promoção da *transparência* em todas as atividades do processo, permitindo detetar a causa raiz dos desvios; (vii) A *melhoria contínua* e, (viii) a *responsabilidade individual* de todos os colaboradores da organização.

## 2.2 Gestão das operações e cadeia logística

A gestão das operações e da cadeia logística é definida como a organização, execução e melhoria dos sistemas que intervêm na criação de valor das empresas. A palavra *operações* relaciona-se com as atividades de produção e serviços, executadas para transformar os recursos em produtos. Por *cadeia logística* entendem-se as atividades relacionadas com o fluxo de informação e de material na empresa (Jacobs and Chase, 2014).

A. Wolsey (2006) refere-se ao planeamento das operações como a organização dos recursos, materiais e atividades de produção necessárias para transformar matérias-primas em produtos acabados, respondendo eficientemente aos requisitos dos clientes. O objetivo principal é encontrar o equilíbrio entre o desempenho financeiro e a flexibilidade de adaptação às necessidades do mercado. Como consequência dos esforços efetuados na instauração do equilíbrio entre produtividade e flexibilidade, os sistemas produtivos têm experimentado aumentos de complexidade na gestão das operações, atribuindo maior relevância à definição de modelos que visem vincular as atividades de vendas, fornecimentos e sistemas de distribuição com a estratégia produtiva da organização (Pochet and Wolsey, 2006). Motivado por esta constatação, o presente projeto estabelece o âmbito de investigação abordando, de forma global, todos os níveis pertencentes ao modelo de planeamento da empresa.

Com o intuito de contextualizar os processos envolvidos no modelo de planeamento, será adaptada a taxonomia proposta por Anthony (1965), na qual se expõe a divisão do modelo de acordo com o alcance das decisões de gestão. A divisão proposta resume-se no planeamento estratégico, planeamento tático e planeamento operacional. Especificamente, consoante os objetivos do presente projeto, será utilizada uma adaptação do modelo integrado de planeamento (Mehraz et al., 2000), introduzindo a relação entre os diferentes níveis de planeamento da empresa.

### Planeamento hierárquico da produção

Miller (2012) refere-se ao planeamento hierárquico da produção como a metodologia que permite simplificar os problemas gerais do processo de planeamento em sub-problemas de menor dimensão. No planeamento hierárquico da produção cada nível é identificado com características próprias, contemplando o alcance da atividade de planeamento, o grau de controlo das operações, o nível de agregação da informação e o horizonte temporal da decisão. À medida que decresce a hierarquia, mais reduzido é o alcance do planeamento, menor a necessidade de controlo, menor é o horizonte de planeamento e maior a necessidade de detalhe da informação (Mehraz et al., 2000). Na Figura 2.2 é ilustrada a estrutura do planeamento hierárquico adaptada. Cada nível evidenciado apresenta características e objetivos específicos, os quais são abordados em seguida.

No nível de *planeamento estratégico* é formulado o planeamento agregado das atividades produtivas. Neste nível de planeamento são tomadas as decisões estratégicas de dimensionamento da capacidade produtiva, configuração da cadeia logística e estruturação do processo produtivo. O *planeamento tático* é considerado um nível de planeamento de médio prazo. O principais resultados deste nível de planea-

mento são a previsão da procura e o plano de operações. O plano de operações, com base nas previsões da procura, define as necessidades de capacidade produtiva, matérias-primas e recursos para o processamento da produção. Por último, no *nível operacional* são consideradas as decisões relativas às atividades diárias da empresa, nomeadamente a programação da produção e o controlo das operações.

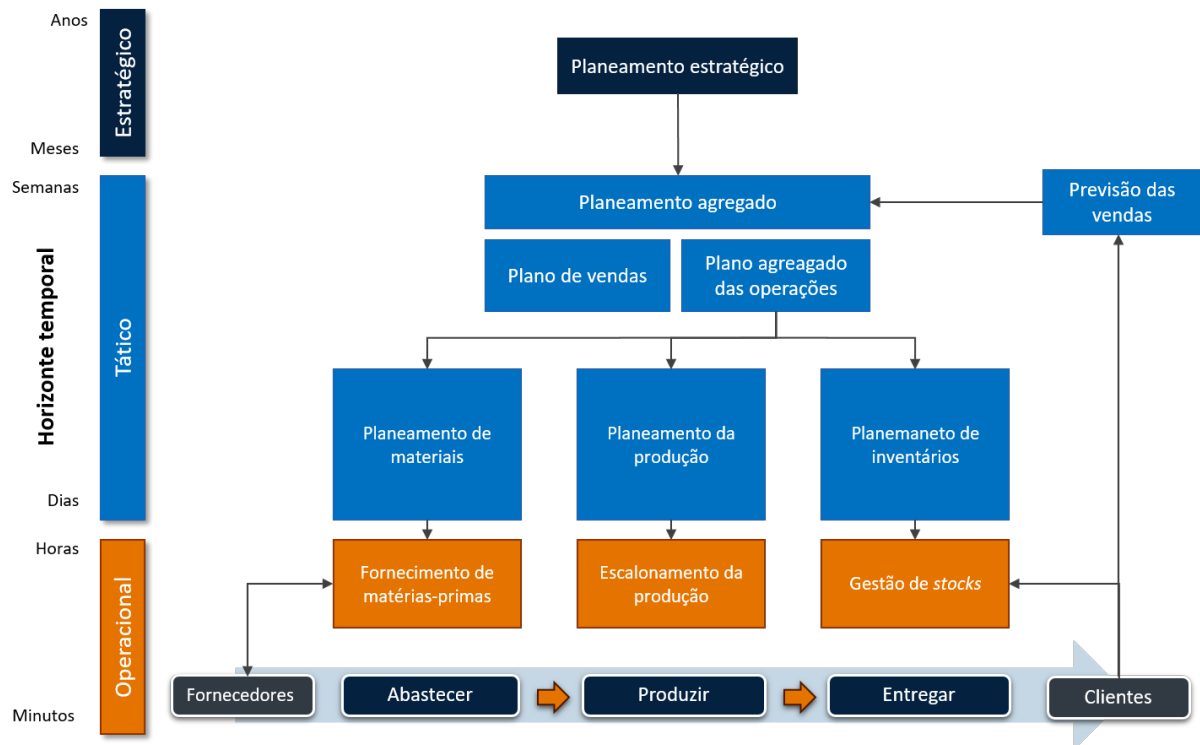


Figura 2.2 – Planeamento hierárquico da produção (adaptado de Jacobs and Chase, 2014).

## 2.3 Planeamento e controlo da produção

O planeamento, de forma geral, consiste na definição de objetivos mensuráveis e na definição das estratégias que orientarão a concretização desses objetivos (Pinto, 2014). Em particular, o planeamento e controlo da produção (PPC) consiste na definição de objetivos relativos ao desempenho produtivo. Tanto o sistema de planeamento e controlo, como o próprio sistema de produção, são definidos com o objetivo de dar resposta às condições do mercado e às condições impostas pela estratégia da empresa (Vollmann et al., 1997). Os sistemas de planeamento e controlo da produção facilitam a gestão eficiente do fluxo de materiais, recursos humanos e equipamentos, permitindo também a gestão das atividades internas e o controlo do fluxo de informação entre os clientes e a produção.

Vollmann et al (1992), estabelece a definição de quatro níveis estratégicos para a classificação das principais atividades integrantes do sistema de planeamento e controlo da produção. A estrutura proposta é representada na Figura 2.3.

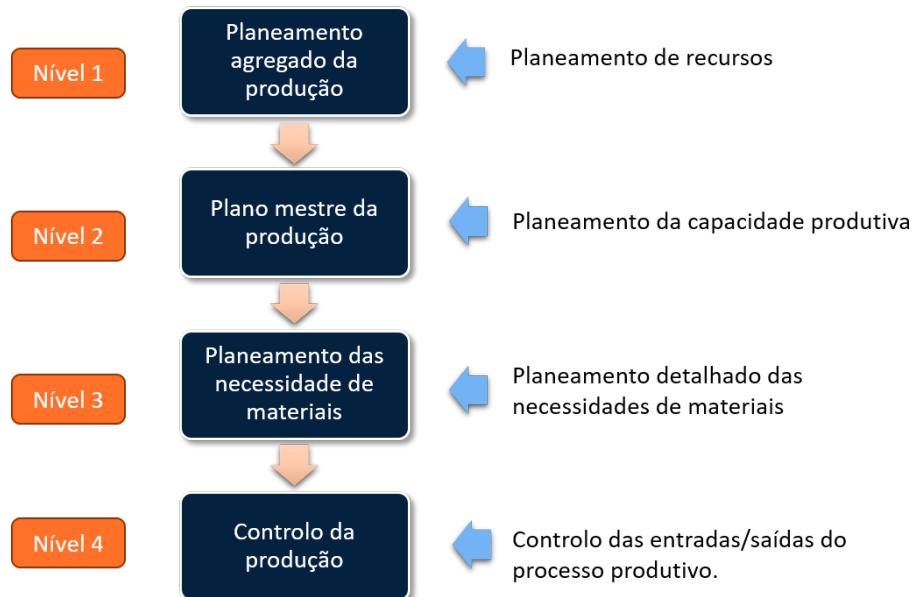


Figura 2.3 – Níveis estratégicos do sistema de planeamento e controlo da produção (adaptado de Vollmann et al., 1997)

O primeiro nível representa o planeamento agregado da produção. O principal objetivo deste nível é a definição das necessidades de produção para o próximo período de planeamento. As necessidades são principalmente definidas com base em previsões da procura, sendo que ainda não são conhecidas as encomendas efetivas dos clientes. Paralelamente, é efetuado o planeamento de recursos, em particular, a definição da capacidade necessária para produzir as quantidades expressas no plano agregado.

O segundo nível compreende uma perspetiva mais operacional, sendo caracterizado pela receção das encomendas e a sua tradução em ordens de produção. O processamento das ordens de produção depende da disponibilidade de capacidade e de matérias-primas, dos prazos de entrega acordados com os clientes e da política de produção. O resultado principal deste nível é designado por plano mestre de produção (*Master Production Scheduling*).

O terceiro nível é integrado pelas atividades que facilitam a transformação de matérias-primas em produtos acabados. Estas atividades são fundamentadas no plano mestre de produção, permitindo determinar as necessidades de materiais e de capacidade produtiva. Nos casos em que o portfólio da empresa compreende um volume significativo de produtos, o planeamento detalhado de materiais pode ser muito complexo, envolvendo esforços de cálculo para milhares de componentes. Nestes casos, é utilizado o

*MRP (Material Requirements Planning)*, que em português se poderá traduzir por planeamento das necessidades de materiais. O MRP determina as quantidades, período a período, para todos os componentes e matérias-primas necessárias para produzir os produtos especificados no plano mestre de produção.

Por último, o quarto nível é caracterizado pela execução dos planos referidos no nível anterior, nomeadamente das atividades relacionadas com aprovisionamento de materiais (compras) e produção. Neste nível são tomadas as decisões de execução das ordens de produção e controlo das atividades no ambiente fabril e são ainda realizadas, em tempo real, as atividades de monitorização da produção, facilitando a resposta a desvios no sistema.

### **Planeamento e controlo da produção na perspetiva do *Lean***

Lyons et al (2017) expõe quatro princípios do pensamento *Lean* aplicados ao planeamento e controlo da produção. Estes princípios compreendem o alinhamento da produção com a procura do cliente, a eliminação de desperdícios, a integração dos fornecedores de materiais no sistema produtivo e o envolvimento dos colaboradores nas atividades de melhoria do processo de produção. Estes princípios, apesar de abordar áreas diferentes, encontram-se mutuamente relacionados. O alinhamento da produção com a procura do cliente permite evitar a acumulação de desperdícios na cadeia logística. Por sua vez, a eliminação de desperdícios permite a redução de custos e a eliminação sistemática das atividades que não acrescentam valor ao produto final, facilitando o fluxo do processo e incorporando flexibilidade de resposta às variações da procura (Spear and Bowen, 1999).

Nos processos *Lean*, a produção é dependente da procura do cliente, sendo a capacidade produtiva definida em função das necessidades efetivas de produção ou, por outras palavras, definida ao *takt time* do cliente. De acordo com a filosofia *Lean*, garantir a gestão orientada ao processo de satisfação das encomendas requer a implementação de métodos, particularmente relacionados com o planeamento, que permitam estabelecer um sistema mais dinâmico e ajustável às variações na procura do cliente. Entre os principais métodos destacam-se:

- (a) A definição do nivelamento *heijunka* da produção, o qual permite absorver as variações da procura do cliente, eliminando e substituindo os picos da procura por um fluxo controlado de produtos;
- (b) Identificação dos recursos chave do processo de produção, permitindo estabelecer o ritmo de cadênci-a em cada unidade de produto;
- (c) O dimensionamento dos níveis de inventário baseados na procura, considerando fatores como o ciclo de produção e o *stock* de segurança;
- (d) A sincronização da produção através da utilização dos *kanbans* de produção. Os *kanbans* de produção também permitem monitorizar o fluxo de materiais no processo;
- (e) A implementação do *takt time* do cliente, facilitando a sincronização entre a oferta e a procura do cliente.

O envolvimento dos fornecedores nas atividades da empresa é vital para a implementação de um sistema baseado na filosofia *Lean* de produção. O planejamento colaborativo, através da partilha de informação ao longo da cadeia logística e a consciencialização na partilha de riscos entre a empresa e os fornecedores de materiais, são fulcrais para garantir o alinhamento da produção com a procura do cliente.

## 2.4 Desafios associados ao planeamento baseado em previsões

A previsão da procura do cliente é um fator crítico nas atividades de planeamento organizacional, pois a partir dela são dimensionados os recursos necessários para o desempenho da organização (Makridakis et al., 1997). A importância das previsões é transversal às diversas áreas do negócio. Na área das finanças, por exemplo, a sua importância é vital para a definição de orçamentos, em marketing contribui para a definição do plano de vendas e, nas operações, permite orientar os parâmetros relacionados com os fornecedores, produção, inventários, entre outros (Jacobs and Chase, 2014).

Na área industrial, a qualidade das previsões influencia diretamente a estratégia produtiva da empresa. Nos mercados em que a procura é instável, os sistemas produtivos devem ser suficientemente flexíveis para responder às variações do cliente (Jacobs and Chase, 2014). Contudo, basear as decisões estratégicas da cadeia logística em previsões pode ser crítico para as organizações (Womack et al., 1990). A variabilidade da procura do cliente, acrescentada dos erros de previsão, pode acarretar distorções significativas ao longo da cadeia, fenómeno conhecido como *bullwhip effect* (Pinto, 2014).

A fiabilidade dos métodos de previsão depende de diversos fatores. As organizações devem, para além de implementar um modelo de previsão adequado à procura do cliente, considerar o desenvolvimento de sistemas que permitam diminuir a dependência dos métodos de previsão. Um método de previsão de qualidade, acompanhado de uma cadeia logística dinâmica, representam elementos chave cujos resultados podem influenciar diretamente o nível de serviço, custo, tempo e qualidade dos produtos (Pinto, 2014).

### Métodos de previsão

Chatfield (2000) refere-se aos métodos de previsão como o processo de manipulação de dados históricos com o objetivo de prever o futuro. "Prever não significa adivinhar. A previsão tem por objetivo encontrar o resultado futuro mais provável, associado a um grau de confiança" (Vasconcelos, 1992). O processo de previsão pode ser baseado em algoritmos fundamentados num conjunto de regras ou em modelos estatísticos. Chatfield (2000) classifica os métodos de previsão em três tipos: O *método subjetivo*, no qual a intuição e os julgamentos têm um papel importante na tomada de decisão, o *método univariado*, fundamentado na análise temporal de dados históricos, normalmente baseado em funções temporais como a tendência linear e o *método multivariado*, no qual intervém duas ou mais variáveis dependentes.

No presente projeto, será considerada a classificação feita por Makridakis et al. (1997), classificando os métodos científicos em dois grupos: Os *métodos qualitativos*, normalmente aplicados quando não há



registos suficientes de dados históricos, ou quando o horizonte de planeamento é incerto; e os *métodos quantitativos* que, através de registos históricos, analisam o comportamento futuro das variáveis em estudo, podendo ser divididos em métodos explanatórios e séries temporais (Vasconcelos, 1992). No capítulo 4 será abordada a viabilidade de implementação de um modelo estatístico de previsão para séries temporais.

As séries temporais representam um conjunto de observações sequenciadas ao longo do tempo. Os principais objetivos das séries temporais são: (i) A *descrição* da evolução dos dados, (ii) a *representação* do comportamento através de gráficos e modelos estatísticos, (iii) a *estimação* do valor futuro da série e (iv) a *promoção* de ações de controlo sobre o processo (Chatfield, 2000).

As séries temporais clássicas, traduzem a evolução da variável em estudo através da representação conjunta de quatro componentes:

**Tendência ( $T_t$ )** - traduzida por uma linha contínua, crescente ou decrescente, em torno da qual se centram as flutuações dos dados;

**Sazonalidade ( $S_t$ )** - traduz uma configuração típica influenciada por fatores sazonais (p. ex. dias da semana, meses, estações do ano), que se repete de ano para ano;

**Ciclo ( $C_t$ )** - contrariamente à sazonalidade, os ciclos representam flutuações não periódicas dos dados;

**Resíduo ou Erro ( $E_t$ )** - representado por flutuações irregulares não explicáveis pelos componentes anteriormente mencionados.

Entre os modelos para análise de séries temporais destacam-se a regressão linear, regressão exponencial, média móvel, método de decomposição clássica e amortecimento exponencial. A seleção do modelo de previsão depende das características das variáveis implícitas. Na tabela 2.1 são resumidos os critérios de seleção do modelo de previsão em função dos componentes das séries temporais, identificado anteriormente.

Tabela 2.1: Métodos de previsão.

Método de previsão	Caraterística associada
Média móvel	Estacionários
Média móvel ponderada	Estacionários
Amortecimento exponencial simples	Estacionários
Regressão linear simples	Tendência
Amortecimento Exponencial Holt Winters aditivo	Tendência e Sazonalidade
Amortecimento Exponencial Holt Winters multiplicativo	Tendência e Sazonalidade

As séries temporais, podem ser classificadas em *estacionárias* ou *não-estacionárias*. Considera-se estacionária quando os dados flutuam em torno a uma reta cujo declive é nulo ao longo do tempo, no caso

contrário, a série temporal considera-se não-estacionária. Com o intuito de detetar a característica de não-estacionariedade de um conjunto de dados, o comportamento temporal pode ser analisado graficamente através da identificação de padrões, ou mediante a aplicação de testes estatísticos. Para maior exploração das séries sugere-se a consulta de (Makridakis et al., 1997).

## 2.5 Gestão de *stocks*

Diversos autores afirmam que os benefícios económicos da redução de *stocks* são evidentes. Wilson (2006) refere que aproximadamente 33% dos custos associados às operações logísticas são atribuídos ao custo de posse dos *stocks*. Jacobs (2014) afirma que a diminuição dos níveis de *stocks* contribui para um melhor desempenho financeiro das empresas. A implementação de práticas eficientes para redução de custos e melhoria dos processos referentes à gestão de *stocks* é um desafio constante na gestão da logística.

No âmbito da gestão industrial, a gestão de *stocks* é um aspeto com particular importância para o desempenho das atividades produtivas das empresas. A disponibilidade de um produto é a probabilidade de este estar disponível em *stock*, de forma a satisfazer as encomendas dos clientes. A esta grandeza é também dado o nome de nível de serviço. As ruturas de *stock* são situações em que as ordens dos clientes não são satisfeitas, pois não existe quantidade suficiente de produto em *stock* para satisfazer essa encomenda. Estas situações de rutura devem ser evitadas pois significam prejuízos para a empresa (Rodrigues, 2010). Os sistemas de gestão de *stocks* proveem a estrutura organizacional e as políticas operacionais para manter e controlar a disponibilidade de *stock* e um nível de serviço desejado. Os procedimentos ou métodos para efetuar o reaprovisionamento de *stocks* são introduzidos de seguida.

### Métodos de reaprovisionamento

Na literatura são disponibilizados métodos para a gestão de *stocks*, particularmente estruturados para os casos em que a procura é incerta e difícil de prever. Estes métodos compreendem uma abordagem probabilística para a gestão dos riscos associados às ruturas de *stocks*. Entre os métodos de reaprovisionamento amplamente utilizados para a gestão de *stocks*, destacam-se o *método da revisão contínua* e o *método de revisão periódica*. As políticas de reaprovisionamento disponibilizam informação ao nível das quantidades a encomendar e em que momento encomendar. A diferença entre os métodos reside no processo de monitorização do nível de *stock*: a revisão contínua estabelece o acompanhamento contínuo dos *stocks*, enquanto que a revisão periódica consiste na verificação do *stock* em intervalos fixos de tempo.

A revisão contínua pressupõe a existência permanente de um registo atualizado dos *stocks*. Quando o *stock* nominal baixa e atinge o nível de reaprovisionamento, é desencadeado um alerta de encomenda ao fornecedor. O nível de reaprovisionamento é definido pela soma da procura média no prazo de entrega do fornecedor,  $\mu_A$ , com o inventário de segurança,  $SS$  (2.1).

$$R = \mu_A + SS \quad (2.1)$$

Sendo que,

$$\mu_A = \mu_u \cdot LT \quad (2.2)$$

Na expressão anterior,  $\mu_u$  representa a procura média por unidade de tempo e  $LT$  o prazo de reposição (*Lead Time*) do fornecedor.

O *stock de segurança* ( $SS$ ), considerado como uma estratégia protetora contra a variabilidade da procura e problemas no fornecimento, permite sustentar o compromisso da empresa perante a satisfação das ordens dos clientes. O aumento do *stock* de segurança representa uma redução da probabilidade de rutura de *stock* e, conseqüentemente, um aumento no nível de serviço. O *stock* de segurança pode ser calculado através da Equação 2.3

$$SS = z \cdot \sigma_A \quad (2.3)$$

Os parâmetros introduzidos destacam o nível de serviço desejado,  $z$ , e o desvio padrão da procura durante o prazo de entrega do fornecedor,  $\sigma_A$ . A desvio padrão da procura durante o prazo de entrega,  $\sigma_A$ , é dada pela expressão 2.4, para o caso do prazo de entrega do fornecedor ser constante. Na mesma expressão,  $\sigma_u$  representa o desvio padrão da procura por unidade de tempo.

$$\sigma_A = \sigma_u \cdot \sqrt{LT} \quad (2.4)$$

No presente projeto a procura durante o prazo de entrega será considerada uma variável estocástica, dada a variabilidade da procura do cliente por unidade de tempo. Se a procura dos produtos é variável, então é importante que seja mantido um adequado nível de serviço. Este nível de serviço ( $z$ ) é o complemento da probabilidade de se ter rutura de *stock*. Como exemplo, admitindo 8% de ruturas tem-se um nível de serviço de 92%. Para melhor compreensão do modelo estocástico de revisão contínua, na Figura 2.4 ilustra-se a sua aplicação.

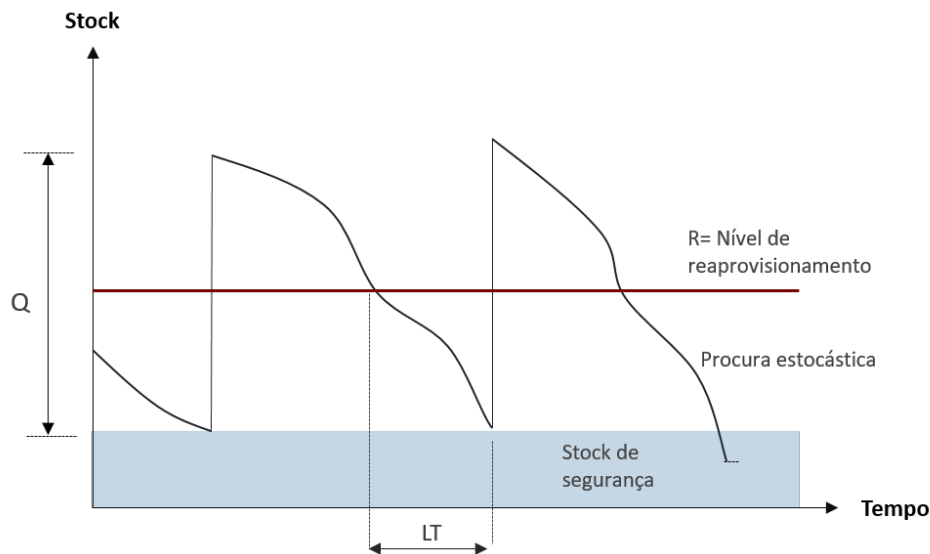


Figura 2.4 – Método estocástico de revisão contínua.

Para concluir, julga-se importante introduzir a noção de *Stock nominal*. O *Stock nominal* corresponde ao conjunto de existências em armazém somadas às encomendas pendentes ou em trânsito, subtraindo as quantidades cativas (Vasconcelos, 1991).

## 2.6 Escalonamento da produção

O objetivo principal do presente projeto relaciona-se com a construção de um modelo de suporte às atividades de planeamento das operações, nomeadamente na gestão das ordens de compra, processamento das ordens de produção e controlo das operações. Para o desenvolvimento do modelo consultou-se a literatura disponível relativa aos modelos de escalonamento da produção.

Pinedo (2008) refere-se ao *escalonamento da produção* como o processo de tomada de decisão que consiste na alocação de recursos (máquinas, unidades de processamento, tripulação e outros) a operações, num determinado período de tempo, com a finalidade de otimizar um ou mais objetivos. O escalonamento, sendo um processo de tomada de decisão, tem um papel importante nos sistemas produtivos, assim como em ambientes de processamento de informação (Pinedo, 2008).

Os termos sequenciamento, escalonamento e política de escalonamento são conceitos com interpretações distintas. O *sequenciamento* corresponde à organização de tarefas num período determinado. O *escalonamento* refere-se à alocação de operações a um determinado conjunto de recursos, permitindo a incorporação de trabalhos agendados num período posterior. Por último, a *política de escalonamento* pretende definir a ação mais apropriada para todos os estados em que o sistema se pode encontrar (Pinedo, 2008).

Um processo de escalonamento da produção é definido como um conjunto de métodos, modelos e ferramentas que suportam a tomada de decisão no planejamento das operações. Estes elementos são fortemente influenciados pelo contexto industrial e pelas características das decisões implícitas no planejamento. O ajuste do modelo com os objetivos estratégicos do negócio é fundamental para a construção do processo (Framinan et al., 2014).

### **Modelos de escalonamento da produção**

Existe na literatura uma variedade significativa de modelos de escalonamento da produção. Estes modelos são selecionados em função de fatores como o *layout* de produção, restrições do processo produtivo e outros critérios relacionados com a estratégia produtiva da empresa (Framinan et al., 2014). Os modelos de escalonamento referem-se à representação formal de problemas de tomada de decisão considerando as operações a serem executadas, as restrições do sistema produtivo e os critérios de otimização. Entre esses critérios intervenientes no modelo de escalonamento destacam-se:

- (a) Utilização da capacidade instalada;
- (b) Satisfação do cliente;
- (c) Rotatividade dos inventários;
- (d) Custos associados às economias de escala adquiridas através do processamento de elevados lotes de produção;
- (e) Critérios *Just-in-time*.

Em termos da capacidade instalada, o modelo de escalonamento pode considerar capacidade *finita* ou *infinita*. Nas situações em que a capacidade é considerada infinita, as ordens de produção são agendadas de acordo com as variações das necessidades do cliente ao longo do tempo. No caso de capacidade finita, o modelo de escalonamento determina as quantidades que devem ser processadas em recursos específicos durante certo período de tempo. Neste caso, a sequencia das ordens tem um papel importante no modelo.

### **Regras de prioridade**

As regras de prioridade consistem em critérios utilizados para a definição da sequência do processamento das ordens de produção. Estes critérios são geralmente definidos com base no tempo de processamento, na data de entrega planeada ou pela ordem de chegada ao sistema.

As regras podem ser classificadas como *estáticas* ou *dinâmicas*. Uma regra é considerada estática quando a prioridade é independente do instante da sua atribuição, como por exemplo na regra do tempo de processamento. Contrariamente, as regras dinâmicas caracterizam-se por prioridades variáveis no tempo. A regra da data de entrega como critério de escalonamento é um bom exemplo das regras dinâmicas (Pinedo, 2008).

Em termos do projeto, as análises efetuadas fundamentam-se nas regras de sequenciamento destacadas na literatura, representadas e definidas na Tabela 2.2. Especificamente, a solução proposta tem como

principal objetivo o cumprimento do prazo de entrega, considerando uma adaptação do EDD (*earliest due date*) como critério de sequenciamento.

Tabela 2.2: Regras de prioridade (Jacobs and Chase, 2014).

<b>Regra de prioridade</b>	<b>Definição</b>
FCFS ( <i>first come, first serve</i> )	As encomendas são processadas na sequência em que foram introduzidas no sistema;
SPT ( <i>shortest processing time</i> )	As regras são ordenadas por ordem crescente de tempo de processamento necessário;
EDD ( <i>earliest due date</i> )	O critério compreende a atribuição de maior prioridade às ordens com menor data de entrega;
CR ( <i>critical ratio</i> )	As ordens são processadas por ordem crescente do rácio definido pela diferença entre a data de entrega e o instante atual, dividida pelo tempo de produção restante;
LCFS ( <i>last come, first serve</i> )	O operador atribui maior prioridade à última ordem introduzida no sistema;
<i>Random</i>	O critério de seleção é totalmente aleatório.

## Capítulo 3

# Apresentação do caso de estudo

O presente capítulo visa descrever a situação atual do processo de planeamento da produção da empresa em estudo. No subcapítulo 3.1 é caracterizado o ambiente fabril e a estratégia produtiva adotada pela empresa. No subcapítulo 3.2 é descrito o processo de planeamento da produção nas suas diferentes fases. Finalmente, no subcapítulo 3.3 introduzir-se-á a estratégia adotada para análise das possíveis soluções.

### 3.1 Gestão da produção

A produção de dispositivos eletrónicos de segurança e comunicação encontra-se dividida em duas etapas. A primeira etapa diz respeito à fabricação de produtos pré-montados, placas eletrónicas constituídas por PCBs (*Printed Circuit Board*), e a segunda respeita à montagem do produto final.

O processo produtivo das placas eletrónicas consiste na inserção de componentes SMD (*Surface-Mount Devices*) nas faces dos PCBs. No entanto, dependendo do tipo de produto, uma placa pode estar condicionada por processos intermédios tais como THT (*Through Hole Technology*) ou operações de corte. Uma vez concluídas as etapas produtivas de cada placa eletrónica, estas são armazenadas, temporariamente, em supermercados<sup>1</sup> até serem abastecidas nas células de produção de produto acabado. As células de produção recebem materiais de fornecedores internos, no caso das placas eletrónicas, e de fornecedores externos, no caso dos restantes materiais.

As células de produção permitem o desenvolvimento de um conjunto de operações de montagem que dão origem ao produto acabado. Essas células são responsáveis pela produção de uma série de famílias de produtos respeitantes a uma determinada área de negócio da empresa (vídeo, comunicação, segurança). As células de produção são desenhadas pela equipa de engenharia industrial (*MOE*). Esta equipa é responsável pela definição dos postos de trabalho nas células de produção e pelo cálculo da capacidade produtiva de cada célula.

No processo interno de armazenamento de produto são utilizados supermercados, quer para os produtos acabados, quer para as placas eletrónicas, permitindo assim controlar a quantidade de produtos em

---

<sup>1</sup>Um supermercado é um local de armazenamento de produtos. Cada produto possui uma localização fixa e funciona segundo o modelo de reposição FIFO (First-in, First-out).

circulação na cadeia produtiva e monitorizar os níveis de *stock*. Contudo, nem todos os produtos acabados dispõem de supermercados, já que apenas os produtos de elevado volume de produção dispõem deles. Estes produtos são classificados em função da estratégia de gestão de *stocks*, podendo ser classificados em *make-to-order* (MTO) ou *make-to-stock* (MTS). As ordens de produção relativas aos produtos MTO são processadas sempre que exista uma ordem de compra das unidades de negócio. Por sua vez, os produtos da categoria MTS são planeados em função das previsões da procura, definidas mensalmente. Os critérios para a gestão do cliente e o processamento das ordens de produção são aprofundados no subcapítulo 3.2.

Uma vez sequenciadas as ordens de produção, estas são planeadas no quadro de nivelamento ou *heijunka* de produção. O quadro de nivelamento é uma ferramenta visual que facilita o escalonamento de cada ordem de produção. O fluxo de informação ao longo do processo produtivo é orientado pelos *kanbans* de produção e acompanhado pelo sistema de informação.

Na figura 3.1 é ilustrado o processo produtivo da empresa, destacando-se o fluxo de informação entre as unidades de negócio e o planeamento da produção, assim como a relação das células de produção com os fornecedores de materiais, internos e externos.

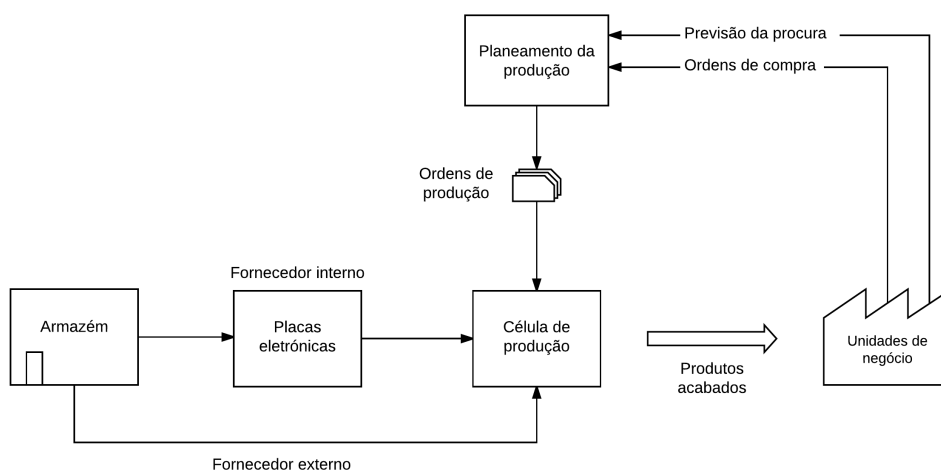


Figura 3.1 – Representação do processo produtivo da empresa.

### Classificação dos produtos para a gestão de *stocks*

A gestão de *stocks* envolve produtos com valores muito diferentes, por isso, a estratégia de gestão deve estar em conformidade com o benefício esperado de cada produto (Vasconcelos, 1991). Na definição da estratégia de gestão, os produtos podem ser classificados através da análise ABC<sup>2</sup> para a gestão de *stocks*. A análise ABC é uma técnica de classificação de *stocks* fundamentada no benefício potencial do produto sobre os proveitos da empresa. Em particular, na empresa em estudo, a análise ABC é efetuada

<sup>2</sup>A análise ABC permite sectionar os produtos com maior importância económica para a organização. Na classe A são classificados os produtos de elevado valor económico, na classe C são classificados os produtos com baixo valor económico e na classe B são classificados os produtos situados numa posição intermédia.



em função do volume de produção, sendo que os produtos A são designados por produtos de "elevado volume de produção" e os produtos B e C são designados por produtos de "baixo volume de produção".

Na empresa, a classificação dos produtos de elevado ou baixo volume de produção é desenvolvida com base na previsão das vendas, para cada produto, nos primeiros três meses futuros. Esta análise é realizada mensalmente para os produtos relativos a cada célula de produção, isto é, a classificação dos produtos resulta de uma análise do portfólio produtivo de cada célula.

A interação do cliente no processo de produção rege-se por estratégias diferentes, de acordo com o tipo de produto. Para os produtos de elevado volume de produção, são dimensionados *stocks* de produto acabado enquanto que, para os restantes produtos, o processo produtivo só é despoletado pela ordem de compra do cliente, distinguindo-se assim duas estratégias de planeamento diferentes. Apesar da classificação dos produtos ser realizada mensalmente, a alteração de categoria de um produto requer uma análise mais detalhada, devido aos pormenores logísticos inerentes a cada estratégia adotada.

### **Célula de produção piloto**

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido e implementado com base na informação proveniente de uma célula de produção pertencente à divisão “*Extreme Vídeo*” a qual, no ano 2016, representou uma percentagem significativa do total do volume de vendas da empresa. A célula piloto foi considerada ideal para o projeto em questão, já que as suas características são representativas das restantes células de produção.

A gama de produtos que compõem o portfólio da célula piloto consiste em painéis eletrónicos, que facilitam a ligação das câmaras de vídeo de segurança aos monitores de visualização. No total, a célula é responsável pela produção de nove tipos de produtos, os quais, devido às suas características, são agregados em três famílias específicas. Dos produtos anteriormente mencionados, três são considerados produtos de elevado volume de produção e os restantes seis são considerados produtos de baixo volume de produção. Dentro das famílias de produtos, o tempo de preparação da célula para a produção de cada produto não é significativa. Igualmente, a adaptação da célula produtiva para as diferentes famílias de produtos também será considerada como não significativa, variando entre dez a quinze minutos.

O período de trabalho da célula de produção corresponde a um turno de oito horas diárias. A capacidade produtiva das células é variável e diariamente adaptada às necessidades reais de produção, fazendo variar o número de operadores que trabalham na célula. No caso da célula piloto, o número de operadores varia entre um a três.

## **3.2 Modelo atual do planeamento da produção**

O atual processo de planeamento inicia-se com a previsão das necessidades de produção para o próximo período de planeamento, correspondendo a um horizonte temporal de três meses. Seguidamente, são desencadeadas as atividades de planeamento da produção, operações logísticas, aprovisionamento de materiais e planeamento das operações. Como ferramenta de suporte, a empresa utiliza o sistema ERP

(*Enterprise Resource Planning*). Este sistema facilita o fornecimento de informação em tempo real e a monitorização das atividades da cadeia logística.

Para análise e compreensão do atual modelo de planeamento da empresa, segmentou-se o processo em três fases de planeamento. Estas fases compreendem a definição das necessidades de produção, o planeamento da logística e, por último, o planeamento das operações. Na Figura 3.2 representam-se as fases de planeamento, as atividades principais associadas a cada fase, as entradas e resultados, a periodicidade de execução de cada fase e, por fim, o horizonte temporal de planeamento.

Numa primeira fase, é definida a previsão das necessidades de produção de acordo com os requisitos das unidades de negócio. Esta fase é repetida mensalmente, com um horizonte temporal de três meses. A segunda fase do processo corresponde ao planeamento da logística. Nesta fase são definidas as necessidades de materiais, de capacidade produtiva (o número de operadores por célula de produção) e os níveis de *stock* de produto acabado. O planeamento da logística repete-se mensalmente com um horizonte temporal de três meses. Por último, a terceira fase do processo, respeitante ao planeamento das operações, tem como objetivo o planeamento e monitorização das ordens de produção. A periodicidade desta fase é diária e o horizonte de planeamento corresponde ao dia  $N+2$ , onde  $N$  é o dia atual.

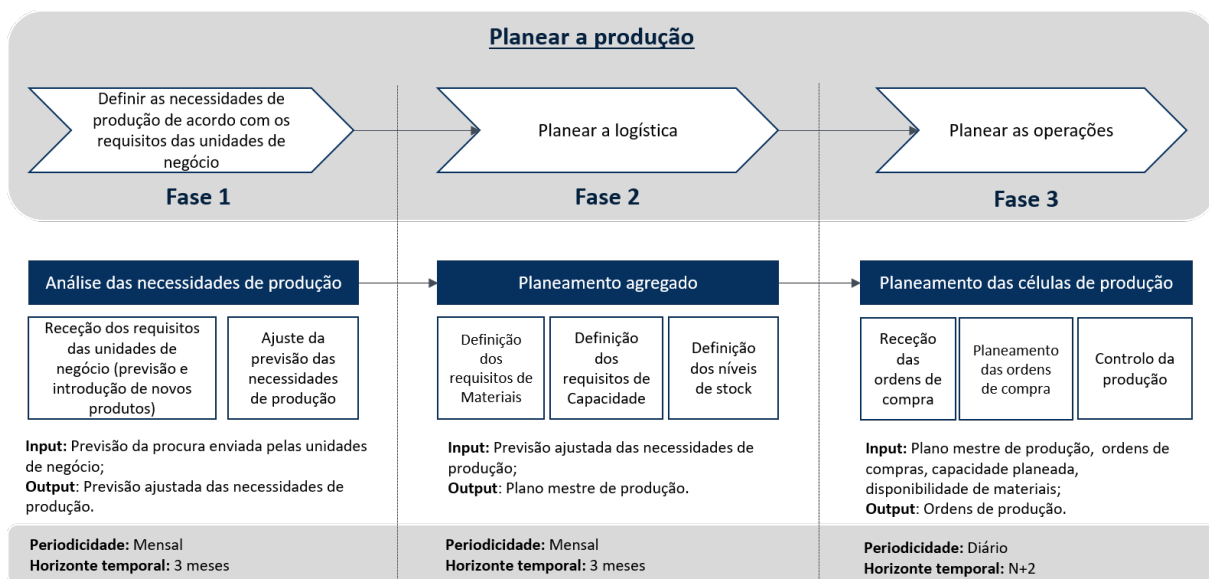


Figura 3.2 – Fases do processo atual de planeamento da produção.

Seguidamente, serão analisadas com maior detalhe as atividades executadas em cada fase de planeamento. Essa análise permitirá identificar os pontos críticos do processo atual de planeamento da produção.

### 3.2.1 Definição das necessidades de produção

O resultado principal desta fase inicial de planeamento é a previsão das necessidades de produção para o próximo período de planeamento, isto é, para os três primeiros meses futuros. De acordo com a estratégia da empresa, esta previsão das necessidades de produção será a base das atividades subsequentes no processo de planeamento.

A fase é iniciada com a receção da previsão inicial das necessidades de produção para o próximo horizonte de planeamento. Esta previsão inicial é formulada pelas unidades de negócio e é extraída do sistema ERP em forma de relatório. O relatório é constituído pelas quantidades de consumo esperadas, por semana e por tipo de produto. Seguidamente, os planeadores de cada célula de produção, através de folhas de cálculo, comparam a informação do relatório anteriormente mencionado com as ordens de compra do cliente, planeadas no passado e cuja data de entrega corresponde ao período em análise, obtendo assim as necessidades líquidas de produção para o próximo período de planeamento. Posteriormente, esta informação é novamente comparada com a produção média dos últimos três meses, reavaliando e ajustando as previsões caso esta última comparação apresente discrepâncias significativas. O processo de análise das necessidades de produção, previstas para o horizonte de planeamento, é apresentado com maior detalhe no subcapítulo 4.1.

A previsão das necessidades de produção é um fator crítico no planeamento das atividades da empresa. Com base nesta previsão, estrutura-se o aprovisionamento de materiais, define-se a necessidade de capacidade produtiva e são planeadas as restantes atividades logísticas. Assim sendo, uma vez determinada a previsão das necessidades de produção por produto, inicia-se a segunda fase de planeamento.

### 3.2.2 Planeamento da logística

O planeamento da logística é de responsabilidade de diversas equipas que intervêm no processo de planeamento da produção. Apesar de existirem responsabilidades específicas para cada equipa, a gestão orientada a processos, promovida pelo sistema de produção implementado na empresa, permite a integração do planeamento das atividades logísticas no planeamento da produção, através de reuniões diárias e monitorização conjunta da logística da empresa. Dentro das operações logísticas, consideram-se o aprovisionamento de materiais, quer para a produção das placas eletrónicas, quer para a montagem dos produtos acabados, a definição de postos de trabalho nas células de produção e o dimensionamento dos níveis de *stocks*.

#### **Planeamento das necessidades de materiais**

As atividades de aprovisionamento de materiais são um dos pilares do sistema de produção implementado na empresa. Esta atividade inicia-se com base nas necessidades de produção previstas para os próximos três meses de planeamento. Seguidamente, com base nas necessidades de produção previstas, são calculados e agendados planos de entrega com os fornecedores externos. Contudo, através da revisão contínua dos níveis de *stock*, os planos de entrega dos fornecedores são ajustados em função da procura

real do cliente. Esta monitorização dos planos de entrega dos fornecedores é crítica, dada a dependência do processo produtivo em relação às ordens de compra dos clientes. Quando a diferença entre a procura real do cliente e as necessidades de produção previstas é muito significativa, pode implicar excessos de *stocks* ou, no caso contrário, em ruturas de *stock* resultando, em qualquer das duas situações, em prejuízo para a empresa.

Na Figura 3.3 apresenta-se o número de materiais em rutura, por semana, durante o ano 2016. Na figura pode ver-se que, em determinadas semanas, o número de materiais em rutura é consideravelmente elevado, atingindo pontos máximos na ordem de 211 materiais em rutura, numa semana. Esta insuficiência de materiais limita a flexibilidade de planeamento e incorpora entropia no sistema produtivo, traduzido em comportamentos reativos por parte dos responsáveis do planeamento. A diminuição do número de materiais em rutura, observada entre as semanas 30 e 36, são consequência da redução das atividades industriais por motivo de férias.

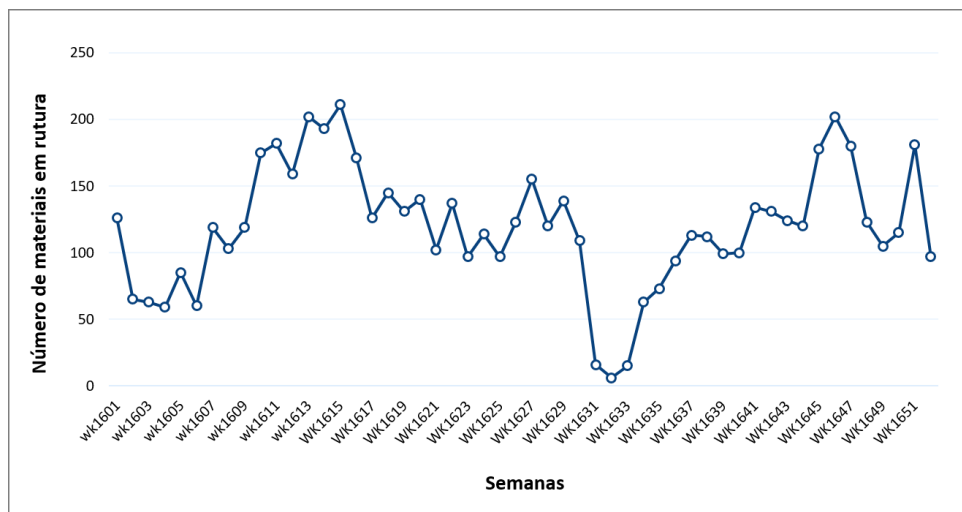


Figura 3.3 – Número de materiais em rutura, por semana, relativo ao ano 2016.

Atualmente, a empresa utiliza o sistema de gestão ERP, o qual permite monitorizar e gerir as atividades de planeamento de materiais e controlar as quantidades necessárias nas datas agendadas, de acordo com o tempo de entrega de cada fornecedor de materiais. A cada semana, os planeadores de materiais executam o *Material Resource Planning (MRP)* do sistema de informação e verificam a disponibilidade de materiais com base na produção planeada para a semana seguinte. Após análise, caso exista algum desvio crítico nos níveis de *stock*, o planeador notifica a equipa responsável, levando à tomada de ações corretivas para o reabastecimento de materiais. No caso de não existirem desvios significativos, a produção é abastecida pelo *stock* em armazém.

O aprovisionamento de materiais será objeto de uma análise mais detalhada, apresentada no capítulo 4, dada a importância desta etapa do processo no modelo de planeamento. Esta análise revela-se ainda mais importante face ao elevado número de ruturas de materiais anteriormente verificado.

### **Planeamento das necessidades de capacidade produtiva**

O planeamento das necessidades de capacidade produtiva das células de produção, isto é, a definição dos recursos humanos necessários para dar resposta à procura prevista, desenvolve-se paralelamente ao planeamento do aprovisionamento de materiais. Estas atividades são desenvolvidas mensalmente e têm início após a definição das necessidades de produção previstas para o horizonte dos próximos três primeiros meses. Apesar desta atividade ser responsabilidade da equipa de engenharia industrial, o sistema de gestão da empresa prevê que as decisões relativas àquela atividade sejam tomadas em conjunto pelas equipas de planeamento, de engenharia industrial e pelos gestores das atividades no chão de fábrica.

O resultado principal desta etapa de planeamento é a garantia da disponibilidade de recursos humanos em cada uma das células de produção, assim como a flexibilidade produtiva, em termos de capacidade, das referidas células. Nesta etapa, é ainda importante destacar que a capacidade produtiva das células é definida em função do *takt time* da procura prevista, não sendo uma restrição significativa para o planeamento da produção.

### **3.2.3 Planeamento das operações**

A última fase do processo de planeamento da produção é o planeamento das operações. As atividades principais desta fase são a receção das ordens de compra das unidades de negócio, planeamento das ordens de produção e escalonamento das ordens nas células de produção.

O planeamento das operações inicia-se com a receção das ordens de compra das unidades de negócio. Seguidamente, as ordens de produção são planeadas em função da disponibilidade de *stock* do produto. No caso dos produtos MTS, o pedido do cliente é expedido caso exista disponibilidade de *stock* do produto acabado. Em caso de indisponibilidade, a ordem é planeada de forma semelhante aos produtos MTO, com um tempo de produção previsto inferior a oito dias. A estratégia de planeamento e a capacidade produtiva das células permitem o planeamento diário das ordens de produção, assim como a adaptação às prioridades das unidades de negócio.

No caso da ordem de compra representar quantidades significativamente superiores às previsões da procura, estabelecidas no início do período de planeamento, a estratégia de nivelamento impõe a divisão da ordem em quantidades constantes durante o período de produção.

Com o objetivo de dar uma maior flexibilidade de resposta aos fornecedores internos, a política de planeamento da empresa estabelece que a produção das ordens de compra, recebidas no dia  $N$ , deve ser iniciada no dia  $N+2$  ou seguintes (Figura 3.4). Por sua vez, a produção previamente planeada para o período entre  $N$  e  $N+1$  não pode ser alterada, com o objetivo de estabilizar a cadeia logística. Após o planeamento das ordens de produção, os *kanbans* são escalonados no quadro *heijunka* de produção.

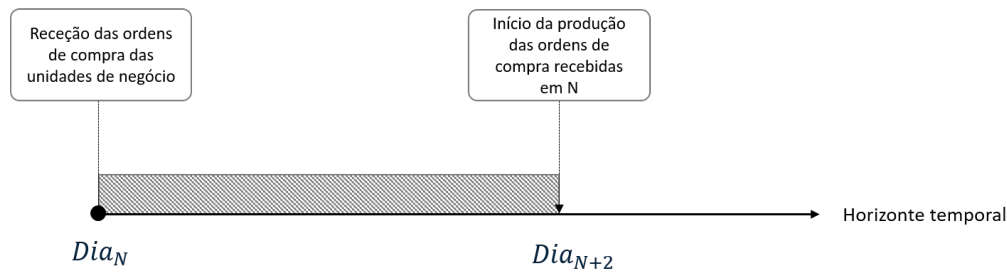


Figura 3.4 – Planeamento das operações.

### Nivelamento da produção

A estratégia implementada na empresa para o planeamento das ordens de produção na célula de produção visa aumentar a flexibilidade do processo de planeamento, através da produção diária de diversos produtos em volumes reduzidos. Este sistema permite responder às variações na procura do cliente e minimizar os custos de *stocks*. Nas indústrias caracterizadas por uma produção variada e de baixo volume de produção, o escalonamento e sequenciamento dos produtos toma especial importância e complexidade nas atividades de planeamento.

Assim, o nivelamento da produção visa estabelecer um padrão de produção para os produtos de elevada procura. O padrão de produção divide a carga de trabalho em duas partes, uma fixa e outra variável. A parte fixa é destinada aos produtos de elevado volume de produção, enquanto a parte variável é orientada às ordens de compra das unidades de negócio relativas aos produtos de baixo volume de produção. No capítulo 4, a efetividade desta estratégia será abordada com maior detalhe.

A definição do nivelamento da produção tem início com a previsão mensal das necessidades de produção. Seguidamente, a previsão mensal de cada produto é distribuída pelas semanas úteis de trabalho com um padrão de produção fixo. Este padrão, sendo um indicador da quantidade a produzir diariamente, será designado por *produção planeada*.

### 3.3 Estratégia de análise ao atual modelo de planeamento

Durante o desenvolvimento do projeto, detetou-se a falta de coerência entre as atividades de planeamento e a estratégia de nivelamento da produção. Isto deve-se às características do processo de planeamento e à complexidade do ambiente industrial. A montante do processo, encontra-se a receção das ordens de compra das unidades de negócio. No caso em estudo, a procura das unidades de negócio mostrou ser estocástica. A jusante, encontra-se a produção em curso e a necessidade de replaneamento das ordens de produção, sempre que existam falhas no processo produtivo. Tendo como base este cenário, foi detetada a necessidade de adotar critérios que permitam definir o sequenciamento das ordens de compra das unidades de negócio.

A estratégia de análise também envolve outros aspetos do modelo de planeamento da produção, identificados na fase de diagnóstico do modelo. A análise, orientada ao processo de planeamento da produção, evidenciou oportunidades de melhoria no que se refere ao modelo de previsão das necessidades de produção, aprovisionamento de materiais e, em especial, no modelo de suporte ao escalonamento e monitorização das ordens de produção.

No capítulo seguinte, será abordada uma análise mais detalhada destas áreas de melhoria, assim como os critérios que fundamentam o desenvolvimento da ferramenta de suporte às atividades diárias dos planeadores das operações.

## Capítulo 4

# Análise ao atual modelo de planeamento

O presente capítulo visa o estudo do modelo de planeamento em todas as fases do processo. No subcapítulo 4.1, será abordado o estudo do atual modelo de previsão das necessidades de produção. Seguidamente, no subcapítulo 4.2, analisar-se-ão os métodos utilizados para o planeamento da logística, nomeadamente o aprovisionamento de materiais e a distribuição da carga produtiva. Por último, a análise estender-se-á também, no subcapítulo 4.3, à identificação de parâmetros necessários para a construção da ferramenta de suporte ao planeamento das operações.

No início do projeto foi realizada uma reunião com a equipa de planeamento da produção, que permitiu o levantamento das oportunidades de melhoria, definição dos problemas e identificação de possíveis ações corretivas. Os resultados da reunião são apresentados no Anexo A. Seguidamente são apresentadas as várias fases do processo de planeamento, incluindo uma análise detalhada a cada uma delas.

### 4.1 Previsão das necessidades de produção

A previsão das necessidades de produção é fulcral para o desenvolvimento bem-sucedido das atividades subsequentes no processo de planeamento (Vasconcelos, 1992). As previsões das quantidades a produzir servem como padrão de referência para o planeamento da logística. Por conseguinte, ineficiências no modelo poderão ter consequências significativas, de carácter negativo, na totalidade da cadeia logística. É assim pertinente a avaliação da qualidade do atual modelo de previsão, motivação que estabelece o objetivo do presente subcapítulo.

#### 4.1.1 Modelo atual de previsão das necessidades de produção

Na figura 4.1 observa-se o fluxo de atividades do processo de previsão das necessidades de produção. O processo inicia-se com a receção da previsão inicial das necessidades de produção, formuladas pelas unidades de negócio, obtida, em forma de relatório, do sistema de informação da empresa. Este relatório base consiste na previsão da procura semanal das unidades de negócio. A previsão das necessidades de produção tem um horizonte de três meses, dada a necessidade de aprovisionamento de materiais com prazos de entrega elevados. No Anexo B, encontra-se um exemplo de relatório extraído do referido sistema de informação.



Após a receção da informação, enviada pelas unidades de negócio, os dados são classificados e explorados de acordo com o processo seguidamente descrito. Inicialmente, quantificam-se as ordens de compra, recebidas em períodos anteriores mas ainda não entregues ao cliente, obtendo-se como resultado a previsão líquida das necessidades de produção. Na presente dissertação, este processo será considerado como a *primeira etapa* de análise. Seguidamente, a informação é validada através da comparação entre a previsão líquida e a produção média nos últimos três meses. Caso se identifique uma variação significativa, é efetuada uma análise do histórico de vendas das unidades de negócios e a identificação de eventuais projetos futuros, definidos como vendas associadas a um elevado volume de produção, resultando a previsão ajustada das necessidades de produção. Neste caso, esta última análise é desenvolvida com maior detalhe para o horizonte de planeamento do mês seguinte. Neste trabalho, esta será considerada a *segunda etapa* do processo. É importante salientar que a referida análise é executada através de agregação mensal, em detrimento das quantidades semanais, facilitando o tratamento dos dados.

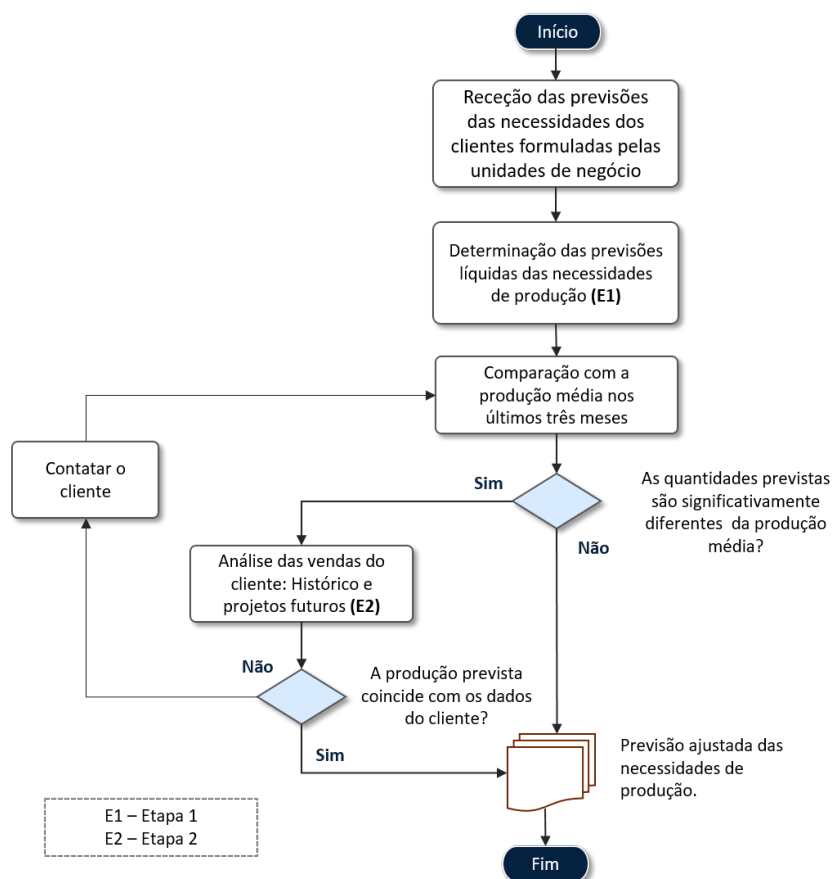


Figura 4.1 – Fluxograma do processo de previsão das necessidades de produção.

Para exemplificar o fluxo de atividades anteriormente descrito, nas Figura 4.2 e Figura 4.3 são apresentados dois exemplos reais, alusivos a dois produtos de elevado volume de produção da célula de piloto.

Os exemplos seleccionados permitem compreender as duas etapas do processo de previsão das necessidades de produção. A primeira etapa compreende a definição das necessidades líquidas de produção, entendidas como a diferença entre a previsão enviada pelas unidades de negócio e as ordens de compra agendadas em períodos anteriores. A segunda etapa promove uma análise mais detalhada, sempre que as previsões sejam significativamente diferentes da produção média mensal dos últimos três meses. A diferença entre os dois exemplos centra-se no tipo de desvio.

A identificação de projetos futuros é vital para compreender a previsão inicial das necessidades de produção formuladas pelas unidades de negócio. Estes projetos representam casos particulares de vendas associadas a um elevado volume de produção, não podendo ser comparados com a produção média da empresa. No primeiro exemplo, ilustrado na Figura 4.3, observa-se que a quantidade prevista pelas unidades de negócio é superior à produção média da empresa nos últimos três meses. Após confirmação, por parte da unidade de negócio, da existência de um projeto futuro de 408 unidades, resulta uma necessidade de produção de 384 unidades. Contudo, já que o consumo médio nas unidades de negocio é de, aproximadamente, 224 unidades, aplica-se uma redução de 160 unidades em relação à previsão inicial. Como resultado, a previsão ajustada é de 632 unidades do produto.

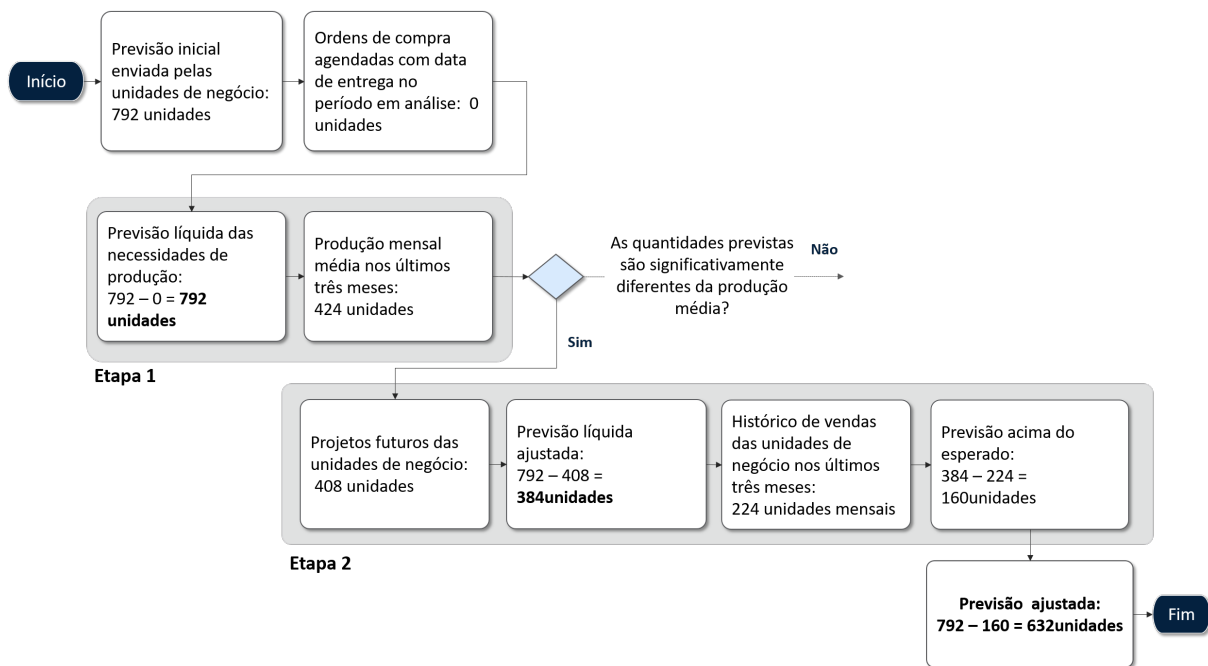


Figura 4.2 – Exemplificação do processo de previsão das necessidades de produção (Exemplo 1).

No segundo exemplo, representado na Figura 4.3, observa-se que a quantidade prevista pelas unidades de negócio é inferior à produção média da empresa nos três meses anteriores ao período de referência. Contudo, já que o consumo médio nas unidades de negócio é de, aproximadamente, 292 unidades, aplica-se um aumento de 196 unidades em relação à previsão inicial. Como resultado, a previsão ajustada é de 292 unidades do produto.

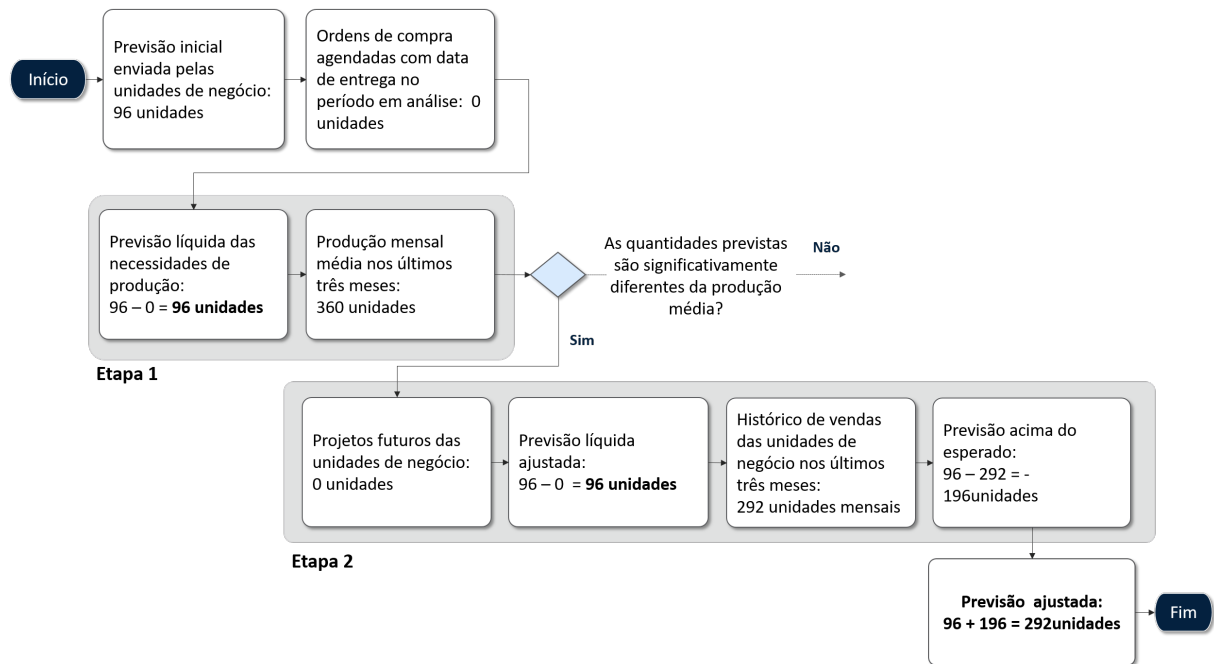


Figura 4.3 – Exemplificação do processo de previsão das necessidades de produção (Exemplo 2).

As opiniões em relação ao ajuste manual das previsões são diversas (Rey et al., 2012). Contudo, na literatura, o ajuste manual é apoiado sempre que for fundamentado por informação fiável, relativa a possíveis acontecimentos futuros. Todavia, as alterações efetuadas e as causas que as motivaram devem ser sempre documentadas e evidenciadas para posterior consulta (Charles W. Chase, 2009).

Seguidamente, analisar-se-ão os resultados obtidos em cada etapa do processo de previsão anteriormente descrito. A análise tem por objetivo aferir a pertinência do ajuste da previsão inicial enviada pelas unidades de negócio, avaliando a qualidade do ajuste manual característico da segunda etapa do processo.

#### 4.1.2 Análise dos erros de previsão

A análise da qualidade do atual processo de previsão baseia-se na implementação de métricas de erros de previsão. A utilização de métricas de erro permite a comparação dos métodos de previsão (Makridakis et al., 1997).

O Erro Percentual de previsão,  $EP_t$ , é indicado na Equação 4.1.

$$EP_t = \left( \frac{Y_t - P_t}{Y_t} \right) \cdot 100 \quad (4.1)$$

Da expressão anterior,  $Y_t$  corresponde ao valor observado no período  $t$ , e  $P_t$  corresponde ao valor previsto nesse período.

A partir do erro percentual de previsão, usam-se frequentemente duas medidas para o erro: O Erro Percentual Médio,  $EPM$ , e o Erro Percentual Absoluto Médio,  $EPAM$ , representadas nas Equações 4.2

e 4.3, respetivamente. A análise proposta baseia-se no *EPAM* já que, sendo uma medida percentual absoluta, facilita a compreensão da grandeza do erro de previsão, assim como a comparação entre os diferentes métodos de previsão.

$$EPM = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n EP_t \quad (4.2)$$

$$EPAM = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |EP_t| \quad (4.3)$$

Na figura 4.4 são representadas a previsão inicial e a previsão ajustada dos produtos de elevado volume de produção na célula piloto, referentes ao ano 2016. Através do cálculo do *EPAM*, verificou-se que a previsão inicial, enviada pelas unidades de negócio, apresenta erros superiores à previsão ajustada da procura nos Produtos 1 e 2.

Mês	Produto 1		Produto 2		Produto 3	
	Previsão inicial	Previsão ajustada	Previsão inicial	Previsão ajustada	Previsão inicial	Previsão ajustada
1	516	396	312	472	150	120
2	396	396	288	288	214	300
3	360	360	336	336	243	322
4	216	360	336	336	250	300
5	396	396	432	408	320	425
6	240	324	264	360	375	519
7	228	588	456	552	202	286
9	168	168	168	408	162	80
10	216	216	384	384	203	203
11	519	519	504	312	243	243
12	192	192	384	288	203	263
EPAM	39%	26%	46%	31%	18%	26%

Figura 4.4 – Previsão inicial e previsão ajustada dos produtos de elevado volume de produção na célula piloto no ano 2016.

Devido à componente qualitativa do método de ajuste da previsão, identificou-se a necessidade de uniformização do modelo de previsão, assim como a necessidade de documentação das alterações efetuadas e das causas que motivaram essas alterações. A solução implementada assenta no desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo em VBA (*Visual Basic for Applications*) (Figura 4.5), desenvolvida para integrar e orientar os passos da análise descrita. A ferramenta desenvolvida foi explorada durante dois meses do projeto, permitindo melhorar os erros de previsão do modelo. Nos produtos de elevado volume de produção, o *EPAM* foi de 25%, 6% e 14%, respetivamente para os produtos 1, 2 e 3. A ferramenta pode ser consultada, com maior detalhe, no Anexo C.

Campo	Valor
PRODUTO	Produto 1
Previsão Inicial	792
Ordens de compra planeadas no período anterior (Qtd)	0
Etapa 1	
Produção mensal média	424
Previsão líquida	792
Etapa 2	
Projetos Futuros (Qtd)	408
Venda mensal média das unidades de negócio	224
Previsão ajustada	224
Previsão final	632

Figura 4.5 – Ferramenta de suporte à previsão das necessidades de produção.

## 4.2 Planeamento da logística

No subcapítulo seguinte são abordadas as atividades chave da segunda fase do processo de planeamento da produção, nomeadamente o aprovisionamento de materiais e a distribuição da carga produtiva nas células de produção.

No que respeita ao aprovisionamento de materiais, será estudada a adequabilidade do modelo atualmente implementado na empresa para a gestão de *stocks*. Quanto à análise da distribuição da carga produtiva, permitirá refletir sobre a estratégia de produção da empresa e também sobre os critérios aplicados para o escalonamento da produção.

### 4.2.1 Planeamento das necessidades de materiais

Através da reunião realizada com a equipa de planeamento, foi possível detetar a ocorrência de ruturas de *stocks* que condicionavam, frequentemente, o abastecimento das células de produção. Estes condicionamentos limitam a flexibilidade do planeamento das operações e resultam numa diminuição do nível de serviço prestado ao cliente.

As ruturas de *stocks* são identificadas através de um relatório, emitido semanalmente. Este relatório serve para gerar alertas aos planeadores sobre a impossibilidade de execução das ordens de produção, devido à falta de materiais. A presente análise tem como ponto de partida o referido relatório, identificando o número de materiais em rutura necessários para as ordens de produção planeadas, e considerando todos os materiais que intervêm no processo produtivo da empresa, quer para produção das placas eletrónicas quer para os produtos acabados.

Foi realizado um estudo para identificar os 10% dos materiais com mais ruturas e, para esses materiais, determinar os *stocks* de segurança que deveriam ser fixados de forma a garantir a probabilidade de rutura desejada pela empresa. Os custos desses *stocks* de segurança foram depois comparados com os custos associados aos *stocks* atualmente adotados. O procedimento utilizado foi o seguinte:

- i. Identificar o número de ruturas de *stock* no último ano, para cada material;
- ii. Ordenar os materiais por ordem decrescente do seu número de ruturas;
- iii. Da lista anterior, seleccionar os primeiros 10% de materiais em análise;
- iv. Definir o nível de *stock* de segurança dos materiais seleccionados no passo anterior;
- v. Calcular o custo do *stock* de segurança.

O procedimento foi aplicado numa amostra de 210 materiais. Para aplicação do passo *iv*, o cálculo do *stock* de segurança baseou-se no método atual para a gestão de *stocks*, definido pela empresa, e num método alternativo proposto.

#### Análise dos métodos para a gestão de *stocks*

O método definido pela empresa para a gestão de *stocks* evoluiu ao longo do projeto. Inicialmente, a empresa considerava um nível de *stock* de segurança baseado na classificação do material (A, B ou C). Contudo, devido às elevadas ruturas de *stock* verificadas, a empresa implementou um novo método para a definição de *stocks*. Neste trabalho, o novo método implementado será considerado o *método A*. Este método baseia-se na monitorização contínua dos níveis de *stocks*, efetuada através do sistema de informação da empresa. Desta forma, quando o nível de *stock* atinge o nível de reaprovisionamento, é gerado um alerta para reposição do *stock*. O nível de reaprovisionamento é definido em função de três parâmetros, sendo eles a procura prevista durante o prazo de entrega do fornecedor,  $P_A$ , o *stock* de segurança,  $SS$ , e um outro fator de segurança,  $ST$  - *Safety Time Demand*, definido como a procura do cliente durante um determinado período de tempo. Na Equação 4.4 é apresentado o cálculo do nível de reaprovisionamento.

$$R = P_A + SS + ST \quad (4.4)$$

Os parâmetros  $SS$  e  $ST$  são definidos em função da procura diária média prevista,  $\mu_p$ , e o custo mensal do *stock* médio,  $C_m$ . O custo mensal do *stock* médio é calculado com base na procura mensal média prevista para os primeiros três meses futuros (Equação 4.5), sendo que  $P_m$  corresponde à previsão da procura mensal e  $C_u$  ao custo unitário do material.

$$C_m = C_u \cdot \left( \frac{1}{3} \sum_{m=1}^3 P_m \right) \quad (4.5)$$

Os critérios utilizados para a definição dos parâmetros de segurança baseiam-se no custo mensal do *stock* médio para um período de dois meses,  $C_{2m}$  (Equação 4.6).

$$C_{2m} = 2 \cdot C_m \quad (4.6)$$

Estes critérios são descritos de seguida:

- i. Se  $C_{2m} < 100\text{€}$   
Então,  $SS + ST = \mu_p \cdot (60\text{dias} + 3\text{dias})$ ;
- ii. Se  $100\text{€} < C_{2m} < 500\text{€}$   
Então,  $SS + ST = \mu_p \cdot (30\text{dias} + 5\text{dias})$ ;
- iii. Se  $C_{2m} > 500\text{€}$   
Então,  $SS + ST = \mu_p \cdot (14\text{dias} + 10\text{dias})$ ;

Dado que esta definição do nível de reaprovisionamento e, em particular, dos parâmetros de segurança  $SS$  e  $ST$ , não têm em conta a variabilidade da procura durante o prazo de entrega do fornecedor, este método é cientificamente errado. Contudo, seguidamente será analisada a adequabilidade do método.

Da lista de materiais selecionados no passo *iii* do procedimento descrito para a análise das ruturas de *stocks*, a implementação do *método A* resultou num custo associado ao  $SS$  e  $ST$  de 202,736€, para os diversos materiais em análise.

A fim de desenvolver uma análise comparativa, o novo *stock* de segurança foi também definido através do método da revisão contínua. O novo método para o cálculo do *stock* de segurança foi definido com base no nível de serviço  $z$ , associado ao material, e no desvio padrão da procura durante o prazo de entrega do fornecedor,  $\sigma_A$ . Este último parâmetro compreende o desvio padrão da procura diária,  $\sigma_u$ , e o prazo de entrega do fornecedor,  $LT$ , podendo ser determinada através da Equação 2.4, apresentada

no Capítulo 2. Neste trabalho, este método para a definição do *stock* de segurança será considerado o *método B*.

A comparação dos resultados obtidos é apresentada na Figura 4.6. Na figura destacam-se o nível de reaprovisionamento, o *stock* de segurança e a probabilidade de rutura associada. Na mesma figura, verifica-se que o método atualmente implementado na empresa, o *método A*, que não considera nem a variabilidade da procura nem a definição do nível de serviço desejado, pode resultar, em alguns casos, em *stocks* excessivos e noutros em *stocks* reduzidos. Contrariamente, a vantagem do *método B* reside no ajuste do *stock* de segurança, através do nível de serviço pretendido, permitindo o equilíbrio entre o investimento em *stocks* e o nível de serviço prestado.

Os resultados apresentados indicam que o método de revisão contínua é o mais adequado para estes materiais, com taxas de ruturas elevadas, permitindo uma redução de 31% no custo do *stock* de segurança e possibilitando a obtenção do nível de serviço pretendido pela empresa.

id	Código	Custo unitário	Método A				Método B			
			R	SS	ST	Custo do SS + ST	R	SS	Custo do SS	Prob. de rutura associada
1	F.01U.283.218	1.71 €	396	205	147	600 €	100	56	96 €	8%
2	F.01U.301.417	1.46 €	7928	2921	2086	7,333 €	3552	631	924 €	8%
3	F.01U.260.897	13.90 €	106	19	13	441 €	200	126	1,754 €	8%
4	F.01U.311.713	4.34 €	220	52	37	389 €	538	407	1,767 €	8%
5	F.01U.295.306	3.18 €	7233	921	658	5,019 €	6215	560	1,782 €	8%
6	F.01U.311.714	4.34 €	1495	355	253	2,638 €	1319	432	1,876 €	8%
7	F.01U.313.840	0.65 €	17758	2038	1456	2,284 €	18562	4298	2,810 €	8%
8	F.01U.269.978	1.04 €	1830	493	352	880 €	3908	2922	3,045 €	8%
9	F.01U.305.572	8.67 €	580	91	65	1,357 €	877	453	3,929 €	8%
10	F.01U.216.296	2.21 €	2490	528	377	1,999 €	3406	1821	4,019 €	8%
11	F.01U.304.051	15.00 €	3697	877	627	22,560 €	2634	441	6,608 €	8%
12	F.01U.283.007	4.75 €	11926	1369	978	11,144 €	11152	1572	7,466 €	8%
13	F.01U.286.799	12.75 €	1585	376	269	8,221 €	1522	582	7,419 €	8%
14	F.01U.141.209	166.06 €	186	36	25	10,141 €	174	49	8,166 €	8%
15	F.01U.275.261	6.32 €	1651	156	112	1,691 €	2698	1314	8,301 €	8%
16	F.01U.284.150	3.21 €	23368	2845	2032	15,653 €	21346	2855	9,164 €	8%
17	F.01U.306.615	4.22 €	27071	4032	2880	29,155 €	22663	2504	10,562 €	8%
18	F.01U.297.963	3.83 €	10809	1610	1150	10,576 €	11070	3021	11,578 €	8%
19	F.01U.286.800	20.20 €	1585	376	269	13,025 €	1514	574	11,586 €	8%
20	F.01U.300.672	12.77 €	1617	384	274	8,398 €	1990	1031	13,164 €	8%
21	F.01U.299.946	14.99 €	20527	1916	1368	49,231 €	18867	1625	24,351 €	8%
CUSTO TOTAL			202,736 €				CUSTO TOTAL			140,368 €

Figura 4.6 – Comparação dos diferentes métodos para o cálculo do *stock* de segurança.

Por último, as análises efetuadas permitem evidenciar que o atual modelo para o cálculo de *stocks* não é o mais adequado, configurando assim uma oportunidade de desenvolvimento futuro, correspondente à definição de um modelo de cálculo que permita aferir o equilíbrio entre o custo médio em *stock* e o nível de serviço.

Após a abordagem da gestão de *stocks*, inicia-se uma nova etapa ligada ao cálculo da capacidade produtiva. A capacidade produtiva resulta fulcral para o planeamento da produção. Este fator representa a disponibilidade de recursos para o processamento das ordens de produção. No caso da capacidade ser insuficiente, os prazos de entrega dos produtos serão afetados. Seguidamente, apresenta-se a avaliação da situação atual da empresa, relativamente ao planeamento da capacidade produtiva.



### 4.2.2 Utilização da capacidade produtiva nas células de produção

O presente subcapítulo tem por objetivo avaliar a utilização da capacidade produtiva da empresa, assim como a distribuição da carga entre os tipos de produtos, nomeadamente nos produtos de elevado volume de produção e nos de baixo volume de produção. Objetivamente, pretende-se verificar se a atual estratégia produtiva da empresa, em termos de distribuição da carga de produção, é correta. A análise foi realizada com base nos dados da célula piloto, correspondentes ao mês de março de 2017.

Na figura 4.7, observa-se a distribuição da carga produtiva em função da produção planeada, correspondente ao mês de março de 2017. Este planeamento produtivo visa estabelecer uma produção nivelada dos produtos de elevado volume de produção. A produção planeada é calculada distribuindo a previsão mensal de cada produto pelas semanas úteis de trabalho, definindo um padrão de produção fixo. No mês em análise, 61% da carga produtiva foi definida para os produtos de elevado volume, enquanto os restantes 39% foram definidos para dar resposta às ordens de compra relacionadas com os produtos de baixo volume.

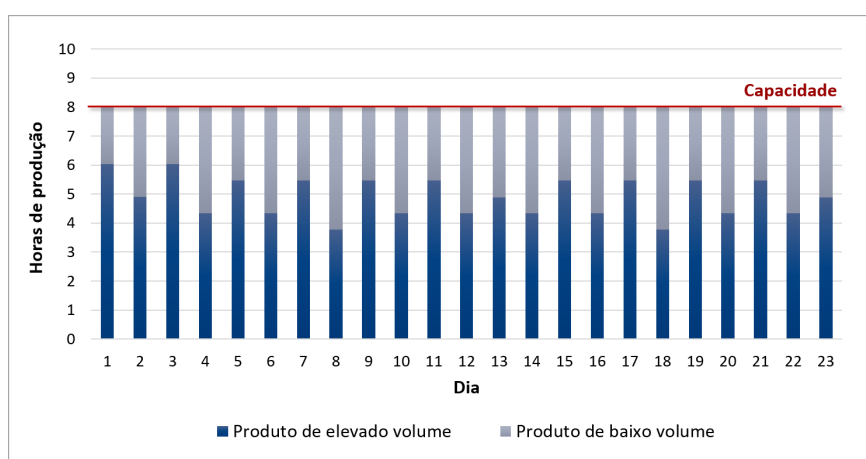


Figura 4.7 – Distribuição da carga planeada.

Em contraste, já que o processamento das ordens de produção é dependente dos requisitos reais das unidades de negócio, na Figura 4.8 é identificada a produção real durante o mês de março de 2017. A figura permite verificar que a capacidade instalada na célula de produção é adequada para responder à procura real. No entanto, esta primeira abordagem permite refletir sobre a política de planeamento da empresa.

Através da comparação entre as Figuras 4.7 e 4.8, evidencia-se um desvio significativo entre a produção planeada no início do período e a produção real. Na figura pode-se ver que, na generalidade dos casos, a distribuição da carga produtiva planeada não é cumprida. O desvio da produção pode ser consequência de diversos fatores que influenciam as atividades de planeamento. Estes fatores serão abordados no próximo subcapítulo.

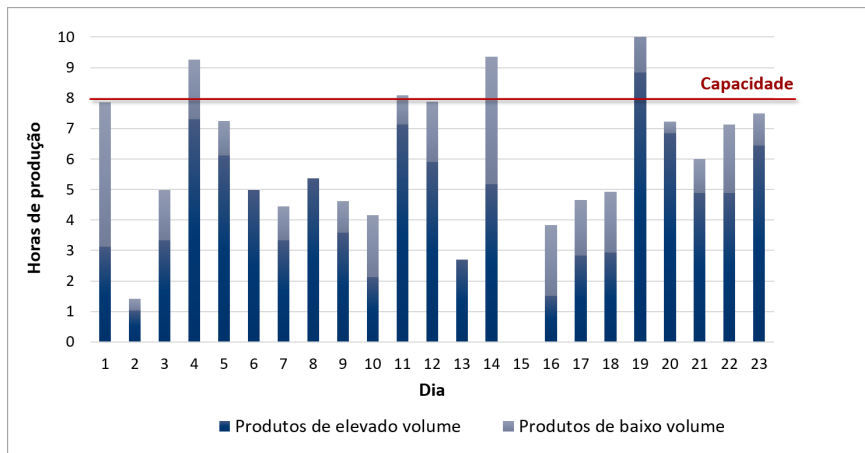


Figura 4.8 – Distribuição da carga real.

### 4.3 Desvios da produção real face à produção planeada

A produção planeada é caracterizada pela determinação de um padrão de produção para os produtos de elevado consumo. O processo produtivo é executado de acordo com as ordens de compra das unidades de negócio, sendo que a produção planeada serve como referência para dar estabilidade à cadeia logística. De seguida, será analisada a produção real e posteriormente comparada à estratégia produtiva definida pela empresa. Nas Figuras 4.9, 4.10 e 4.11, podem observar-se os desvios entre a produção real e a produção planeada, em quantidades, para três produtos distintos. A análise foi desenvolvida avaliando a produção dos três produtos de elevado volume de produção da célula piloto, durante o mês de março de 2017. O padrão de produção representa uma sequência produtiva, podendo não assumir um valor constante ao longo do mês de planeamento (Figura 4.10).

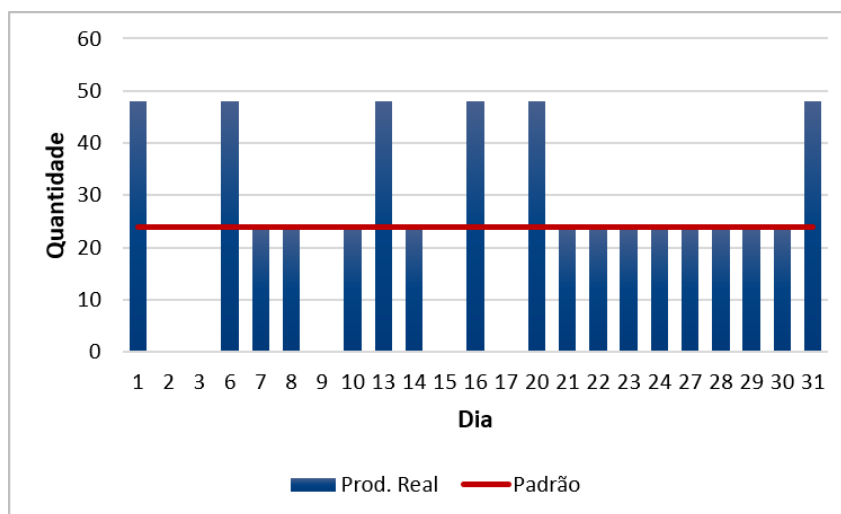


Figura 4.9 – Desvios da produção real relativamente à planeada (Produto 1).

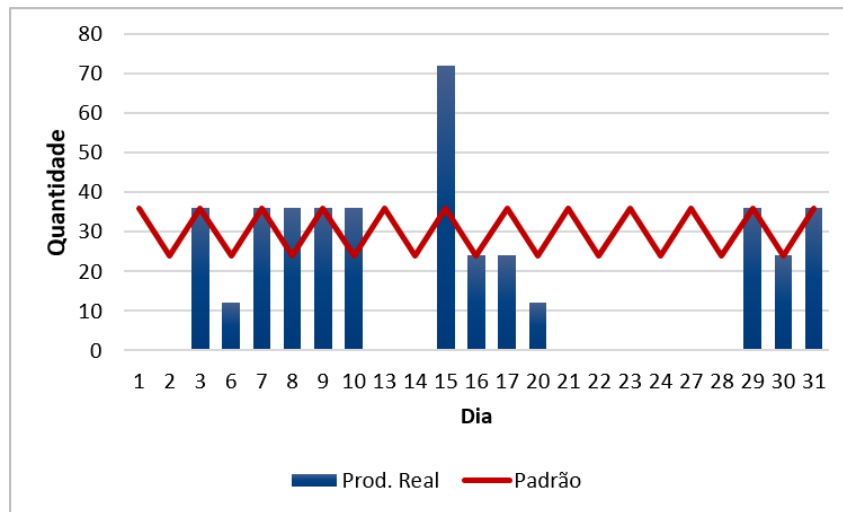


Figura 4.10 – Desvios da produção real relativamente à planeada (Produto 2).

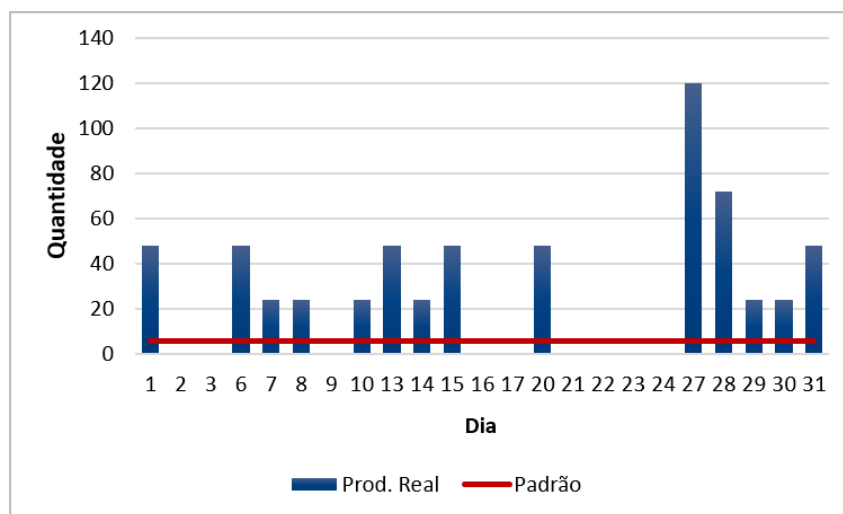


Figura 4.11 – Desvios da produção real relativamente à planeada (Produto 3).

Devido à instabilidade introduzida no sistema pela variabilidade da procura, juntamente com a complexidade do ambiente industrial, a produção planeada não é plenamente cumprida. A variação evidenciada pode ser resultado de diversos fatores que, direta ou indiretamente, influenciam a tomada de decisão para o escalonamento das operações. Durante o projeto foram acompanhadas, de forma detalhada, as ocorrências de desvios entre o planeamento previsto e a produção real, analisando-se também os fatores que causaram os referidos desvios. O resultado dessa análise é apresentado na Figura 4.12

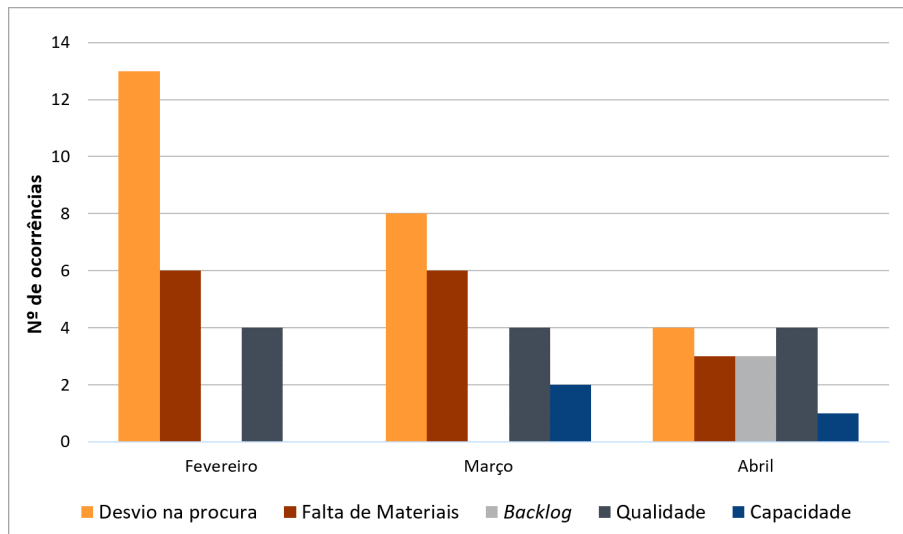


Figura 4.12 – Análise dos desvios da produção real.

Os desvios estudados são consequência de alterações da procura esperada, restrições devidas à falta de materiais, atrasos na produção (*backlog*) e problemas de qualidade nas células de produção. Da análise efetuada durante o desenvolvimento do projeto, observa-se que o desvio da procura é o fator com maior número de ocorrências e, conseqüentemente, o motivo principal para o não cumprimento do planeamento padrão, definido no início do período. Os desvios do planeamento trazem complexidade aos processos de tomada de decisão para o escalonamento das operações. Devido ao curto horizonte de planeamento, quando uma falha afeta o sistema, o planeamento reativo gera entropia e outras consequências negativas ao longo da cadeia produtiva.

Considerando este cenário como ponto de partida, foi desenvolvido um novo modelo de planeamento das operações. O novo modelo visa suportar os processos de tomada de decisão relativos à utilização da capacidade das células de produção, tendo como principal objetivo o serviço prestado ao cliente. O presente projeto de dissertação contempla não só o estudo de um modelo mas também a sua construção, recorrendo ao desenvolvimento de ferramentas de utilização simples por parte dos planeadores. No próximo capítulo abordar-se-á o modelo proposto e apresentar-se-ão as ferramentas que permitiram o seu desenvolvimento e aplicação.

## Capítulo 5

# Apresentação da solução

O ambiente industrial no qual o projeto está inserido atravessa uma etapa de crescimento, caracterizada pela incorporação de novos produtos no portfólio da empresa. O crescimento evidenciado tem como consequência o aumento da complexidade nas atividades de acompanhamento das ordens de compra das unidades de negócio e na monitorização da produção. A dificuldade assenta numa estratégia produtiva definida por baixos níveis de *stocks* e orientada às ordens de compra efetivas das unidades de negócio. Mediante análise do atual modelo de planeamento, foi notória a existência de fragilidades relacionadas com os sistemas de suporte à tomada de decisão para o planeamento das operações diárias de produção. O presente capítulo destina-se à apresentação da solução proposta para dar resposta a estas dificuldades.

A solução desenvolvida tem como principal objetivo dar suporte às atividades de planeamento das operações da empresa. Este suporte compreende a uniformização dos critérios para o sequenciamento e escalonamento da produção, acrescentando também a construção de um modelo que facilite a gestão das ordens de compra das unidades de negócio e que permita uma visão global das atividades relacionadas com a satisfação das encomendas. Os objetivos do projeto envolvem não só a definição do modelo mas também a construção da ferramenta em VBA (*Visual Basic for Applications*). A metodologia utilizada para o levantamento dos requisitos consistiu na realização de entrevistas aos responsáveis de planeamento, no acompanhamento das atividades diárias da equipa e, com especial relevância, na gestão do planeamento da célula de produção piloto. Esta metodologia permitiu identificar as dificuldades próprias do sistema produtivo.

A solução desenvolvida compreende duas atividades principais no planeamento das operações, uma primeira correspondente ao sequenciamento das ordens de compra, recebidas das unidades de negócio, e uma segunda relativa ao escalonamento da produção. Concretamente, a solução permite: (i) A análise da criticidade das ordens de compra dos clientes; (ii) O sequenciamento das ordens de compra; (iii) O planeamento das ordens de produção; (iv) A monitorização das ordens de compra e o controlo da produção planeada.

O fluxo de atividades do modelo proposto para a ferramenta de suporte é ilustrado na Figura 5.1. Inicialmente, obtém-se a informação relativa às ordens de compra das unidades de negócio e à produção planeada. Esta informação é obtida do sistema de informação utilizado na empresa. Após obtenção da informação, as ordens de compra das unidades de negócio são sequenciadas em função da sua criticidade e, de acordo com a produção planeada, são escalonadas as novas ordens de produção.

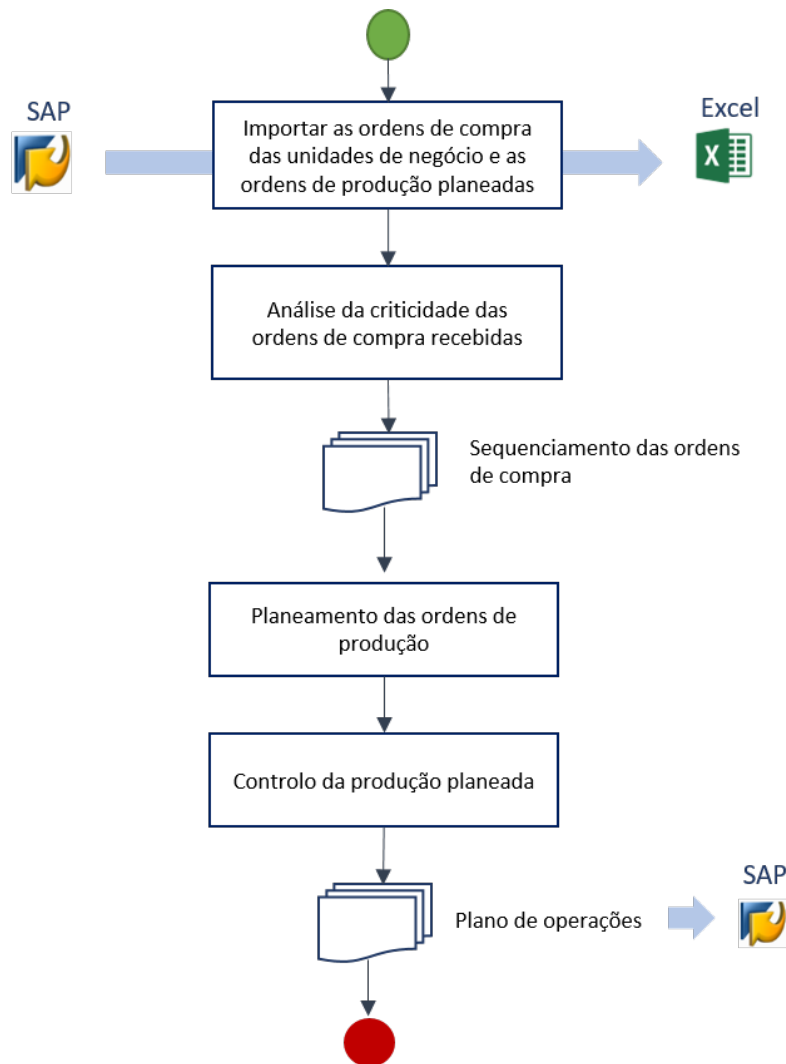


Figura 5.1 – Fluxo de atividades na ferramenta desenvolvida.

## 5.1 Processo de sequenciamento das ordens de compra

O primeiro objetivo do modelo proposto consiste na uniformização dos critérios para o sequenciamento e processamento das ordens de compra enviadas pelas unidades de negócio. A seleção dos critérios, abordados nesta primeira etapa do processo, são fundamentados nos indicadores chave para a área de planeamento, incluindo o nível de serviço ao cliente e o prazo de satisfação da encomenda. Com base nos indicadores e nas características do negócio, foi desenvolvido o modelo que permite analisar a criticidade das encomendas recebidas. Em primeiro lugar, o modelo atribui prioridades às ordens de compra das unidades de negócio. Seguidamente, a prioridade da encomenda é definida em função do

*stock* disponível e, por último, estabelece-se o sequenciamento da produção. Na Figura 5.2 é ilustrado o modelo de sequenciamento desenvolvido.

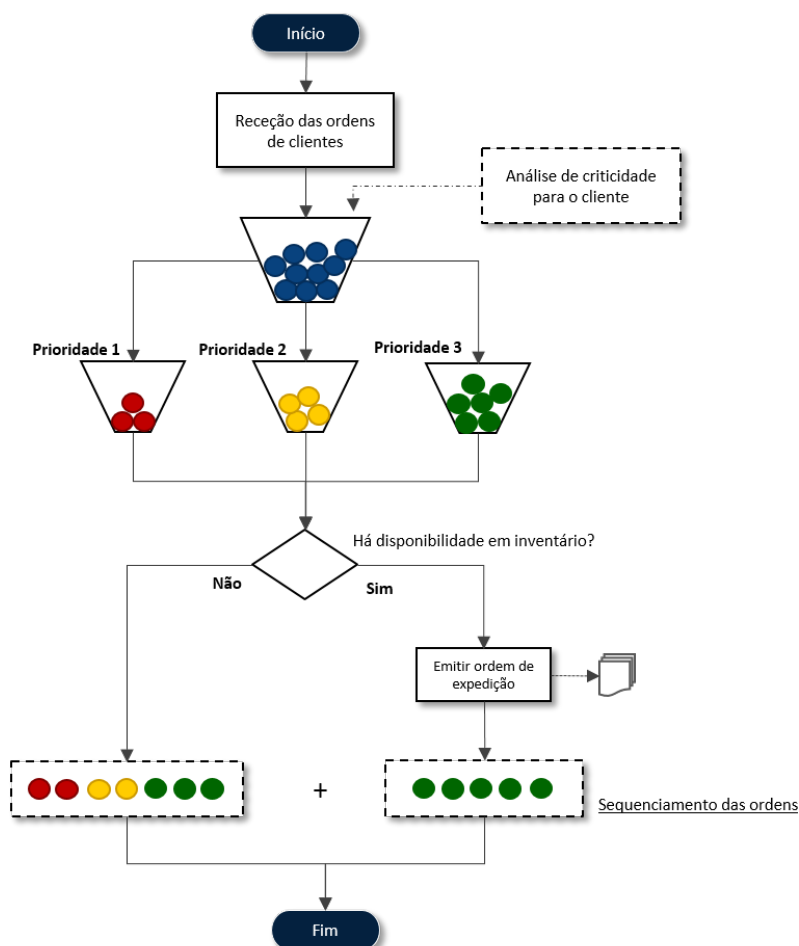


Figura 5.2 – Modelo de sequenciamento das ordens de compra recebidas das unidades de negócio.

As ordens de compra das unidades de negócio são classificadas de acordo com o motivo que as originaram. A título exemplar, se o motivo da ordem de compra for o reaprovisionamento do *stock* no centro de distribuição (monitorizado pela unidade de negócio), a ordem de compra é classificada com baixo nível de prioridade. Por sua vez, se a ordem de compra for despoletada por uma venda real da unidade de negócio, é atribuído um nível de prioridade elevado. Neste último caso, a política da empresa estabelece um prazo de entrega máximo de oito dias, sem considerar o prazo de transporte até ao centro de distribuição.

As variáveis de decisão, intervenientes nesta primeira fase de atribuição de prioridades às ordens de compra, são definidas na Tabela 5.1

Tabela 5.1: Variáveis de decisão do modelo proposto para o sequenciamento das ordens de compra.

Variável	Definição
$S_A$	Stock em mão nos centros de distribuição;
SS	Stock de segurança dos centros de distribuição;
$S_n$	Stock nominal nos centros de distribuição;
ROP	Nível de reaprovisionamento dos centros de distribuição;
$Q_{tr\grave{a}nsito}$	Quantidade de produto em trânsito e em produção;
$V_R$	Quantidade de produto associada a uma venda real da unidade de negócio;
$Q_e$	Quantidade de produto encomendada pela unidade de negócio.

Os níveis de prioridade são definidos numa escala de 1 a 3. Esta escala classifica, em ordem decrescente, a prioridade da ordem de compra no processo de planeamento, correspondendo o *nível 1* à prioridade máxima e o *nível 3* à prioridade mínima. As condições de classificação da prioridade das ordens de compra baseiam-se no *stock nominal* do produto no centro de distribuição destino da encomenda. O *stock nominal* corresponde ao *stock* em armazém,  $S_A$ , somado às quantidades em trânsito e em produção,  $Q_{tr\grave{a}nsito}$ , subtraindo as quantidades cativas por vendas reais das unidades de negócio cuja saída é prevista para o período em análise,  $V_R$ , como indicado na Equação 5.1.

$$S_n = S_A + Q_{tr\grave{a}nsito} - V_R \quad (5.1)$$

A relação entre as variáveis de decisão e os níveis de prioridade é representada na Tabela 5.2. Os níveis de prioridade não são exclusivos, isto é, podem verificar-se simultaneamente dois valores de prioridade para a mesma ordem de compra. Contudo, a classificação final da prioridade de uma determinada ordem de compra corresponde ao valor mais exigente. Na mesma tabela pode ver-se que, inicialmente, todas as ordens de compra, enviadas pelas unidades de negócio, podem ser classificadas com prioridade 3 (nível menos exigente da escala de prioridades). Seguidamente, dependendo das características das encomendas, esta prioridade pode ser alterada para um outro nível de maior exigência (mais prioritário).

Tabela 5.2: Análise da criticidade das encomendas.

Prioridade	Condição	Definição
P = 3	Se $S_n < \text{ROP}$	A ordem de compra destina-se à reposição do inventário no centro de distribuição;
P = 3	Se $S_n \geq \text{ROP}$	A ordem de compra destina-se à satisfação de uma venda associada a um projeto futuro das unidades de negócio;
P = 2	Se $S_n \leq \text{SS}$	A ordem de compra destina-se à reposição do <i>stock</i> de segurança;
P = 1	Se $(S_A + Q_{tr\grave{a}nsito}) < V_R$	A ordem de compra destina-se à satisfação de uma venda da unidade de negócio a um cliente externo ao grupo Bosch;



Para exemplificar as condições acima referidas, na Figura 5.3 ilustra-se a análise da criticidade de três produtos da célula piloto. No primeiro exemplo, o produto não possui *stock* no centro de distribuição. Contudo, devido a uma venda real da unidade de negócio (20 unidades), esta ordem de produção é classificada com prioridade de nível 1. No segundo exemplo, a ordem de compra de 23 unidades destina-se à reposição do *stock* no centro de distribuição ( $750-727-100+100=23$  unidades), sendo atribuída a prioridade de nível 3. No último exemplo, o *stock* nominal é inferior ao *stock* de segurança e, não se verificando uma venda real da unidade de negócio, é atribuída a prioridade de nível 2.

Célula piloto	UN_CDC	10NC	ROP	SS	Sa	Vr	Qt	Qe	Prioridade	Controlo
L09	2_472	F.01U.216.589	5	3	14	9	0			
L09	3_473	F.01U.216.589	0	0	0	20	0	20	1	
L09	2_472	F.01U.298.556	750	170	727	100	100	23	3	
L09	2_472	F.01U.216.590	6	3	6	0	0			
L09	2_472	F.01U.298.670	23	12	18	16	8	13	2	
L09	3_473	F.01U.298.670	18	12	18	0	0			

Figura 5.3 – Exemplos de atribuição de prioridade às ordens de compra.

Após a atribuição de prioridades às ordens de compra das unidades de negócio é necessário analisar o *stock* dos produtos na empresa. De acordo com o nível de *stock* de produto acabado, a ordem de compra pode ser satisfeita imediatamente, ou, caso contrário, é necessário produzir o produto. O resultado final é representado numa matriz, na Figura 5.4. Esta matriz permite visualizar, por célula de produção, o cliente associado, a prioridade da ordem de compra e a ação a tomar, em particular, produzir ou expedir a encomenda. Na Figura 5.4 é ilustrada a matriz de sequenciamento para os exemplos apresentados na Figura 5.3. No primeiro exemplo pode ver-se que, apesar da encomenda possuir uma prioridade elevada, devido à disponibilidade de *stock* do produto, a ordem pode ser expedida imediatamente. No segundo e terceiro exemplos, a disponibilidade em *stock* dos produtos não é suficiente para satisfazer as encomendas e, conseqüentemente, são geradas ordens de produção.

Line	10NC	2_472	P	3_473	P	4_474	P	Qe	Sa	Ordem de produção	Ação
L09	F.01U.216.589			20	1			20	25	-	Expedir
L09	F.01U.298.556	23	3					23	13	10	Produzir
L09	F.01U.298.670	13	2					13	0	13	Produzir

Figura 5.4 – Matriz de sequenciamento das ordens de compra.

Este método de sequenciamento baseia-se no EDD (*earliest due date*) para os produtos com prioridade 1, já que estas ordens devem ser expedidas num prazo máximo de oito dias. Para as restantes

prioridades, o método baseia-se na filosofia FCFS (*first come, first serve*).

Uma vez sequenciadas as ordens de compra das unidades de negócio e identificadas as necessidades de produção, a próxima atividade no planeamento das operações é o escalonamento da produção.

## 5.2 Processo de escalonamento da produção

Os objetivos do escalonamento da produção passam pela programação das ordens de produção, indicando o início e fim de cada uma delas. Previamente ao escalonamento das ordens de produção, é necessário monitorizar os eventuais desvios da produção real face à produção planeada.

A solução proposta, com a funcionalidade de monitorização, permite avaliar de forma integrada a situação atual da célula de produção e, particularmente, apurar as implicações de possíveis paragens ou atrasos na produção. Neste sentido, a ferramenta permite detetar, especificamente, as seguintes situações: (i) Produção destinada à reposição dos supermercados de produtos acabados da empresa; (ii) Prioridade das ordens de compra das unidades de negócio, respeitando os critérios anteriormente definidos; (iii) Ausência de ordens de produção para satisfazer as ordens de compra.

Para a monitorização da produção, a ferramenta analisa o *stock* atual de produto na empresa (*Stock*), o total de quantidades encomendadas pelas unidades de negócio,  $Q_e$ , e a produção planeada. Partindo desta informação, a ferramenta define, de forma automática, as quantidades de produtos planeados para a reposição do inventário na empresa (*Supermercado*) e as quantidades planeadas para satisfação das encomendas das unidades de negócio. A produção planeada para satisfação das encomendas é classificada de acordo com os critérios de prioridade definidos para o sequenciamento das ordens de compra. A ferramenta permite ainda detetar a eventual insuficiência da produção planeada para satisfazer as ordens de compra das unidades de negócio (*Planear produção*).

Na Figura 5.5 é ilustrada a funcionalidade de monitorização da produção planeada, integrada na ferramenta desenvolvida. Na mesma figura apresentam-se alguns exemplos relativos às diferentes situações de monitorização. O primeiro exemplo, correspondente ao produto *F.01U.130.918*, mostra que a encomenda da unidade de negócio (24 unidades) pode ser satisfeita com o *stock* atual na empresa, sendo que, das 24 unidades, 12 unidades possuem prioridade 2 e as restantes prioridade 3. Num outro exemplo, referente ao produto *F.01U.216.589*, existe uma encomenda da unidade de negócio correspondente a 30 unidades. Neste exemplo, não havendo *stock* disponível na empresa, é gerado um alerta de planeamento de produção, sendo ainda possível detetar o desvio no planeamento relativo à insuficiência da quantidade planeada para satisfação da ordem de compra. Por último, o produto *F.01U.296.122* ilustra um caso onde as quantidades planeadas são destinadas à reposição do *stock* interno da empresa.



 Novo
  Atualizar
  Controlo

Célula piloto	Produto	Stock	Qe	Produção planeada	Supermercado	3	2	1	Planear produção
L09	F.01U.130.918	24	24			12	12		
L09	F.01U.130.922	192	0		192				
L09	F.01U.165.101	0	0						
L09	F.01U.216.589	0	30	24				30	6
L09	F.01U.216.590	0	0	12	12				
L09	F.01U.261.015	0	0						
L09	F.01U.263.342	72	36	12	48	36			
L09	F.01U.296.122	0	0	98	98				
L09	F.01U.298.556	38	91	53				53	
L09	F.01U.298.670	0	12	12			12		

Figura 5.5 – Solução desenvolvida para a monitorização da produção.

Na situação ilustrada na Figura 5.5 verifica-se que, caso o processo produtivo sofra uma redução da sua capacidade produtiva, o planeador da célula deverá atribuir prioridade aos produtos *F.01U.216.589* e *F.01U.298.556*, sendo estes os mais críticos para as unidades de negócio.

Após monitorização da produção planeada, o planeador da célula de produção pode incorporar no planeamento as novas necessidades de produção, identificadas no sequenciamento das ordens de compra recebidas. A ferramenta desenvolvida permite ao responsável pelo planeamento analisar as ordens de produção planeadas, verificando as ordens em atraso, as ordens atualmente em produção e a produção planeada para o futuro. As ordens de produção planeadas para o futuro diferenciam-se em ordens planeadas para o dia seguinte e em restantes ordens de planeamento futuro, sendo que as primeiras devem ser impressas e enviadas às células de produção para garantir a sua execução. A ferramenta permite ainda determinar o número de ciclos de produção necessário para satisfazer cada ordem planeada. Na figura 5.6 é ilustrada a funcionalidade desenvolvida para o processamento das ordens de produção. Por fim, a produção planeada é atualizada no sistema de informação.

 Novo
  Editar
 Nº Operadores 3

Célula piloto	Nº da ordem	Produto	Informação do sistema	Dia de produção	Quantidade	Nº CICLOS (20min)	Ciclos em horas	Imprimir ordens de produção
L09	3332559	F.01U.216.589	REL MSPT SETC	9/6/2017	12	3.33	1.11	Imprimir ordens de produção
L09	3332560	F.01U.296.122	REL MSPT SETC	9/6/2017	15	3.66	1.22	
L09	3335002	F.01U.298.556	REL MACM SETC	9/6/2017	9	2.20	0.73	
L09	3333449	F.01U.296.122	CRTD MSPT SETC	13/6/2017	15	3.66	1.22	
L09	591427771	F.01U.216.590		13/6/2017	12	3.36	1.12	
L09	591298826	F.01U.298.556		13/6/2017	9	2.20	0.73	
L09	3333448	F.01U.296.122	CRTD MSPT SETC	14/6/2017	7	1.71	0.57	
L09	591427774	F.01U.298.670		14/6/2017	4	0.98	0.33	
L09	591427772	F.01U.296.122		14/6/2017	11	2.68	0.89	
L09	591427770	F.01U.263.342		14/6/2017	12	3.33	1.11	
L09	591427775	F.01U.298.556		14/6/2017	9	2.20	0.73	
L09	591427773	F.01U.296.122		16/6/2017	3	0.73	0.24	

Figura 5.6 – Solução desenvolvida para o processamento das ordens de produção.

## Capítulo 6

# Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A presente dissertação consistiu na análise do modelo de planeamento da produção de uma empresa industrial dedicada à produção de soluções eletrónicas. Estas soluções são destinadas, principalmente, à integração em sistemas de segurança e comunicação. A análise ao modelo de planeamento da produção compreendeu a caracterização do processo de planeamento dividido em três fases, nomeadamente na definição das necessidades de produção, no planeamento da logística e no planeamento das operações.

O trabalho desenvolvido materializa a construção de uma ferramenta de suporte à tomada de decisão e ao controlo das operações de produção, permitindo também implementar soluções relacionadas com oportunidades de melhoria identificadas nas fases de planeamento referidas. Em particular, os esforços focaram-se na definição do modelo de previsão das necessidades de produção, na avaliação das estratégias aplicadas ao planeamento das necessidades de materiais, na utilização da capacidade produtiva e, por fim, na abordagem das atividades de gestão operacional do planeamento da produção.

Numa primeira fase, e com o objetivo de diminuir a dependência do método de previsão da sensibilidade do planeador, foi desenvolvido e implementado um modelo de previsão, através de uma ferramenta de cálculo em VBA (*Visual Basic for Applications*), para integrar e orientar os passos do processo de planeamento. A solução desenvolvida foi implementada e explorada durante os meses do projeto, suportando a tomada de decisão nos processos de previsão.

Numa segunda fase, foi analisado o planeamento da logística. Esta análise compreendeu, particularmente, o planeamento das necessidades de materiais e a utilização da capacidade produtiva.

No que respeita ao planeamento das necessidades de materiais, verificou-se a ocorrência frequente de ruturas de materiais. Estas ruturas diminuem a flexibilidade de planeamento, afetando o nível de serviço prestado ao cliente. A análise das ruturas de materiais focou-se na definição dos *stocks* de segurança, sendo este um fator chave para a diminuição das ruturas. A empresa, motivada pela necessidade de redução destas ruturas, implementou uma nova política para a definição de *stocks* de segurança. O trabalho desenvolvido, permitiu concluir que a política atual para a definição de *stocks*, é cientificamente inadequada. Como método de comparação, foi proposto o método de revisão contínua para a gestão de *stocks*. Os resultados apresentados indicam que o método de revisão contínua é o mais adequado para este tipo de materiais, com taxas de rutura elevadas, permitindo uma redução de 31% no custo do *stock* de segurança e possibilitando a obtenção do nível de serviço pretendido pela empresa.

Por sua vez, a capacidade produtiva da célula de produção piloto demonstrou ser suficiente para satisfazer as ordens de compra das unidades de negócio durante o período de planeamento. Contudo, verificou-se que a distribuição da carga produtiva apresenta desvios significativos face à produção planeada no início do semestre. Estes desvios foram observados durante três meses de projeto, sendo o principal motivo dos desvios a variabilidade da procura do cliente. Os desvios do planeamento trazem complexidade aos processos de tomada de decisão para o escalonamento das operações. O planeamento reativo gera entropia e outras consequências negativas ao longo da cadeia produtiva. Considerando este cenário, foi desenvolvido um novo modelo de planeamento das operações. O novo modelo visa suportar os processos de tomada de decisão relativos à utilização da capacidade das células de produção, tendo como principal objetivo a otimização do nível de serviço prestado ao cliente. O presente projeto de dissertação contempla não só o desenvolvimento de um modelo de apoio à tomada de decisão mas também a sua implementação no processo produtivo da empresa.

O modelo desenvolvido para o planeamento das operações compreende a gestão das ordens de compra, o sequenciamento das ordens de produção, a monitorização das encomendas e o controlo das ordens de produção. O modelo foi integrado no desenvolvimento de uma ferramenta em VBA, *Visual Basic for Applications*, permitindo a sua fácil integração na empresa. A ferramenta proposta é atualmente utilizada como aplicação de suporte para o planeamento de todas as células de produção da empresa evidenciando, por parte dos utilizadores, o enorme contributo para o planeamento das operações diárias. De forma consistente, a ferramenta demonstrou bons resultados na sua aplicação, permitindo a deteção de desvios na resposta às ordens de compra das unidades de negócio e facilitando a atribuição de prioridades às mesmas ordens de compra. Destaca-se também o poder e a simplicidade de ferramentas de gestão visual aplicadas à monitorização e ao controlo de desvios nas atividades de planeamento.


Nos resultados obtidos verificaram-se potenciais oportunidades de melhoria que, devido ao âmbito do projeto, não foram aprofundadas. Como oportunidades de desenvolvimento futuro, pode-se referir a necessidade de implementação de um método mais adequado para a gestão de *stocks*. O elevado número de ruturas de materiais confirmam a necessidade de um sistema de gestão mais eficiente, quer na definição, quer na monitorização dos níveis de *stock*. Recomenda-se ainda a incorporação de uma interface de ligação com *e-kanbans* de produção, facilitando a comunicação em tempo real com as atividades produtivas. Para finalizar, sugere-se o aperfeiçoamento do modelo de cálculo de supermercados de produtos acabados, motivando o desenvolvimento de uma ferramenta que integre o modelo criado e facilite a sua utilização por parte responsáveis de planeamento.

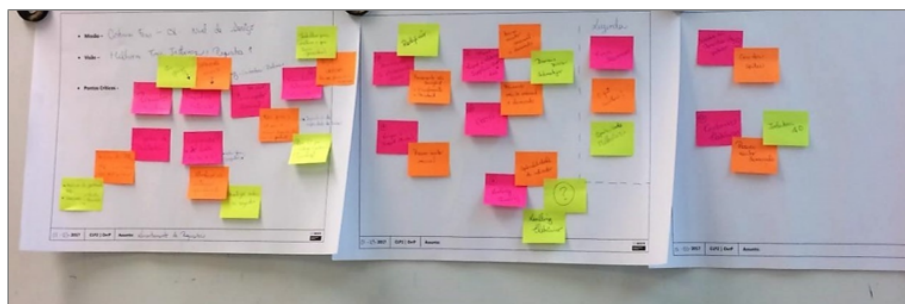
# Referências

- [Bähr and Erker, 2015] Bähr, J. and Erker, P. (2015). *Bosch: History of a Global Enterprise*. C.H.Beck.
- [Bellgran and Säfsten, 2009] Bellgran, M. and Säfsten, E. K. (2009). *Production Development: Design and Operation of Production Systems*. Number Checkland 1998. Springer Science & Business Media.
- [Black and Hunter, 2003] Black, J. T. and Hunter, S. L. (2003). *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*. Engineers, Society of Manufacturing.
- [Charles W. Chase, 2009] Charles W. Chase, J. (2009). *Demand-Driven Forecasting: A Structured Approach to Forecasting*. Wiley and SAS Business Series.
- [Chatfield, 2000] Chatfield, C. (2000). Time-series forecasting. Technical report, University of Bath, UK.
- [Fleury et al., 2014] Fleury, A., Tereza, M., Fleury, A., and Fleury, M. T. (2014). The evolution of production systems and conceptual frameworks.
- [Framinan et al., 2014] Framinan, J. M., Leisten, R., and García, R. R. (2014). *Manufacturing Scheduling Systems: An Integrated View on Models, Methods and Tools*. Springer Science & Business Media.
- [Grabot et al., 2014] Grabot, B., Vallespir, B., Samuel, G., Bouras, A., and Kiritsis, D. (2014). Advances in Production Management Systems: Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World. In *IFIP WG 5.7 International Conference*. Springer.
- [Hines et al., 2004] Hines, P., Holweg, M., and Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24.
- [Jacobs and Chase, 2014] Jacobs, F. R. and Chase, R. B. (2014). *Operations and Supply Chain Management*. McGraw- Hill, 14th edition.
- [Liker and Morgan, 2006] Liker, J. K. and Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services : The Case of Lean Product Development. pages 5–21.
- [Makridakis et al., 1997] Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C., and Hyndman, R. J. (1997). *Forecasting: Methods and Applications*. Wiley, 3rd edition.
- [Mehraz et al., 2000] Mehraz, A., Minis, I., and Proth, J. M. (2000). Hierarchical production planning for complex manufacturing systems ” f. 26(1996):209–218.
- [Monden, 2011] Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Press, CRC, 4th edition.

- [Pinedo, 2008] Pinedo, M. L. (2008). *Scheduling. Theory, Algorithms, and Systems*. Springer Science & Business Media, New York, 3rd edition.
- [Pinto, 2014] Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean*. Lidel, Portugal, 6th edition.
- [Pochet and Wolsey, 2006] Pochet, Y. and Wolsey, L. A. (2006). *Production Planning by Mixed Integer Programming*. Springer-Verlag New York, New York.
- [Rey et al., 2012] Rey, T., Kordon, A., and Wells, C. (2012). *Applied Data Mining for Forecasting Using SAS*. SAS Institute, Inc., North Carolina.
- [Rodrigues, 2010] Rodrigues, B. M. (2010). *Análise e Simulação de Técnicas de Análise de Stocks*. PhD thesis, Universidade Nova de Lisboa.
- [Spear and Bowen, 1999] Spear, S. and Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, pages 1–10.
- [Vasconcelos, 1991] Vasconcelos, B. C. (1991). *Gestão de stocks. Textos de Apoio*. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal.
- [Vasconcelos, 1992] Vasconcelos, B. C. (1992). *Métodos de previsão. Textos de Apoio*. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, Portugal.
- [Vollmann et al., 1997] Vollmann, T., Berry, W., and Whybark, D. (1997). *Manufacturing Planning and Control System*. Irwin/McGraw-Hill, 4th edition.
- [Womack et al., 1990] Womack, Jones, and Roos (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*.

# Anexo A

	<b>Título:</b> Matriz de identificação de oportunidades de melhoria.
---	--



Resultado da reunião com a equipa de planeamento



# Anexo B




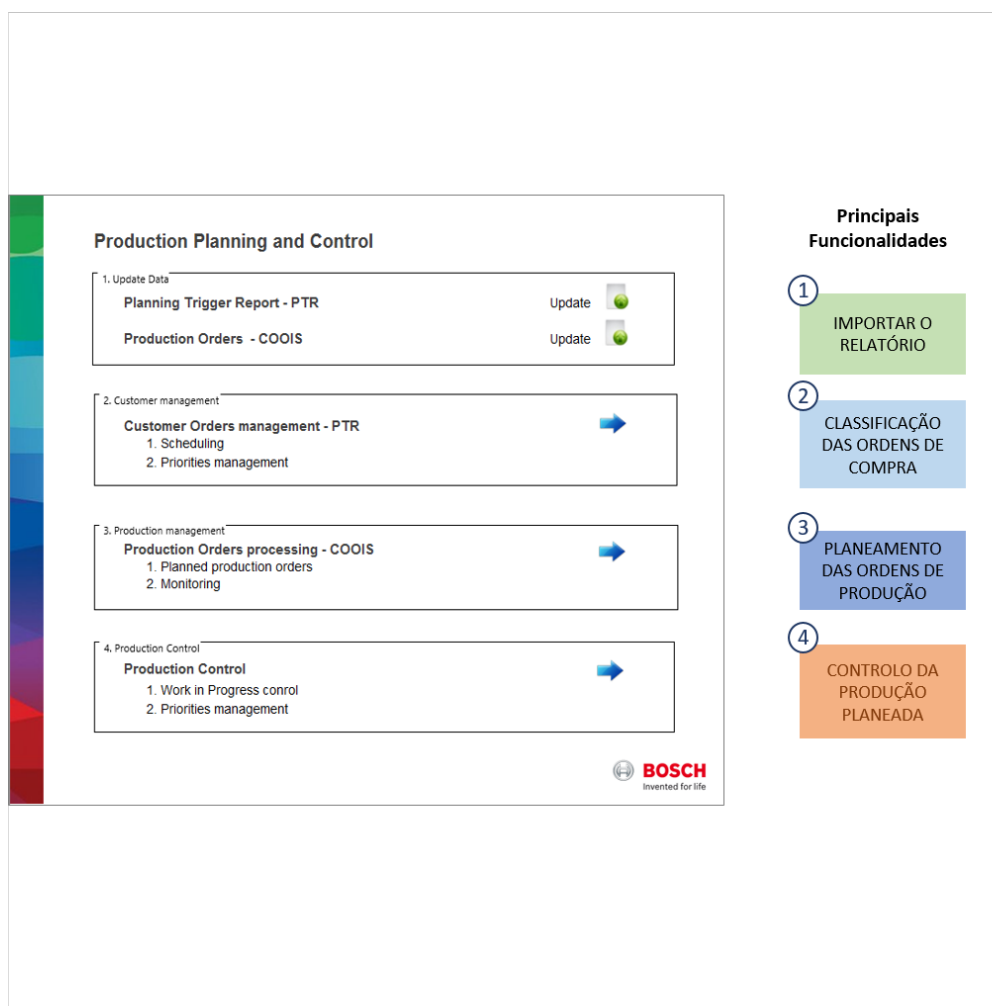
**Título:** Previsão das necessidades de produção definida pelas unidades de negócio.

Product	Mês							Mês1				Mês2				Mês3			
	Mês1	Mês2	Mês3	Mês4	Mês5	Mês6	Mês7	wk1	wk2	wk3	wk4	wk5	wk6	wk7	wk8	wk9	wk10	wk11	wk12
A	12	12	24	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	0	12	0	0	12
B	12	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	48	72	72	48	0	0	0	24	24	0	0	48	24	0	0	24	0	24	0
F	384	384	264	312	0	0	72	48	96	96	144	72	96	96	120	48	48	72	72
G	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	12	12	36	12	0	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	0	12	0	12
I	12	24	12	24	0	0	0	0	0	12	0	0	0	12	12	0	12	0	0
J	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	144	156	144	180	0	0	24	48	36	24	36	36	36	48	36	36	36	24	36
L	58	69	68	80	0	0	16	12	15	16	15	17	17	17	18	14	13	13	13
M	136	143	169	224	0	0	24	34	34	34	34	30	38	37	38	33	33	33	32
N	45	47	47	49	0	0	10	11	11	13	10	11	12	11	13	9	9	9	9



# Anexo D

	<b>Título:</b> Ferramenta de suporte ao planeamento das operações.
---	--



**Production Planning and Control**

- 1. Update Data
  - Planning Trigger Report - PTR Update
  - Production Orders - COOIS Update
- 2. Customer management
  - Customer Orders management - PTR
  - 1. Scheduling
  - 2. Priorities management
- 3. Production management
  - Production Orders processing - COOIS
  - 1. Planned production orders
  - 2. Monitoring
- 4. Production Control
  - Production Control
  - 1. Work in Progress control
  - 2. Priorities management

**Principais Funcionalidades**

1. IMPORTAR O RELATÓRIO
2. CLASSIFICAÇÃO DAS ORDENS DE COMPRA
3. PLANEAMENTO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO
4. CONTROLO DA PRODUÇÃO PLANEADA

