



*INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA*  
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E ADMINISTRAÇÃO DE  
COIMBRA

## **PROJETO ORGANIZACIONAL**

### **OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO COM “EXCEL DASHBOARD”**

**Rémy Vilela António**

*Projeto realizado no Mestrado Sistema de Informação de Gestão com a  
Orientação de:*

**Doutora Ana Cristina Santos Amaro**

Novembro 2016

**OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO COM “EXCEL DASHBOARD”  
ORIENTADO PARA A GESTÃO**

**Rémy Vilela António**

*Orientador*

**Doutora Ana Cristina Santos Amaro**

Novembro 2016

## AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado àqueles que deram a sua contribuição para que esta dissertação fosse realizada. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Aos meus pais, Jorge e Helena pela compreensão e por estarem sempre do meu lado.

À minha orientadora, Doutora Ana Cristina dos Santos Amaro pela forma que orientou o meu trabalho. Pelo tempo despendido em prol deste trabalho e pela força que sempre me deu na realização deste projeto.

Aos meus amigos que me apoiaram nesta fase, especialmente ao Ricardo Pinto companheiro nesta “aventura”.

À empresa por me proporcionar a realização deste projeto.

## RESUMO

O planeamento industrial e a otimização dos processos produtivos são essenciais para a melhoria contínua do desempenho operacional e para o crescimento económico sustentado.

Este projeto tem por objetivo criar um modelo de planeamento ótimo adequado à representação do processo de fabrico de um produto inovador produzido a partir de lixo e patenteado por uma empresa portuguesa.

O projeto desenvolveu-se num período de ensaios, em instalação piloto, pelo que a oportunidade da implementação e a pertinência organizacional dos resultados a alcançar constituíram uma importante motivação. Por outro lado, o cariz inovador do processo e o seu potencial de integração e gestão logística são desafios científicos atuais e de reconhecida relevância.

Paralelamente, considerado o carácter de aplicação prática da proposta, foi desenvolvido um *dashboard* em *Microsoft Excel*, orientado para o controlo e gestão de indicadores de produção, com o propósito de criar uma interface facilitador da apreciação e tomada de decisão pelos gestores da fábrica.

Os resultados obtidos permitiram alcançar uma visão mais detalhada das várias etapas do processo fabrico (i.e. receção das matérias-primas, tratamento, processamento de misturas e extrusão) e dos seus produtos finais.

Em termos globais, os objetivos traçados foram alcançados e, nessa sequência, foi identificado um conjunto de propostas de oportuno interesse para desenvolvimentos futuros.

**Palavras-chave:** Planeamento da produção, gestão de operações, otimização, *dashboard* e Reciclagem.

## ABSTRACT

The industrial planning and the optimization of production processes are essential for the constant improvement of operational performance and for a continuous economic growth.

This project aims to develop an optimal planning model suitable for the representation of an innovative manufacturing process, patented by a Portuguese company and used to manufacture new products from garbage.

The project started within a pilot phase, thus finding a motivation strengthened by the implementation challenge and by the organizational relevance of the results to achieve. In addition, the innovative nature of the process and its potential for logistic integration and management are current scientific opportunities of recognized relevance.

Besides that, considering the practical scope of the proposal, a Microsoft Excel dashboard was build, with the purpose of creating an interface that facilitates analysis and decision making of the industrial managers, oriented by the control and management of production indicators.

The results obtained allowed a detailed perspective over the various stages of the manufacturing process (i.e. receipts of raw material, processing, blending and extrusion) and its final products.

Globally, the objectives outlined were achieve and, consequently, some interesting research subjects identified for future developments.

**Keywords:** Production Planning, operations management, optimization, *dashboard* and recycling.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA .....	9
1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	10
1.3 PERTINÊNCIA DO TEMA DE PROJETO .....	10
1.4 OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	12
1.4.1 OBJETIVOS GERAIS.....	12
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.4.3 METODOLOGIA .....	12
1.5 ESTRUTURA DO RELATÓRIO .....	13
<b>CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 GESTÃO DA PRODUÇÃO E DAS OPERAÇÕES .....	15
2.2 PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO .....	17
2.2.1 NÍVEIS DE PLANEAMENTO.....	17
2.2.2 PROPOSTAS, MÉTODOS E TÉCNICAS DE PLANEAMENTO.....	20
2.3 RECICLAGEM E SUSTENTABILIDADE .....	22
2.4 GESTÃO DE INFORMAÇÃO.....	23
2.4.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO .....	23
2.4.2 <i>DASHBOARD</i> .....	24
2.5 SUMÁRIO .....	25
<b>CAPÍTULO III – ANÁLISE DE CONTEXTO</b> .....	<b>26</b>
3.1 CONTEXTO POLITICO, ECONÓMICO, SOCIAL E TECNOLÓGICO .....	26
3.1.1 FATORES POLÍTICOS – LEGAIS .....	26
3.1.2 FATORES ECONÓMICOS .....	26
3.1.3 FATORES SOCIAIS .....	27
3.1.4 FATORES TECNOLÓGICOS.....	27
3.2 DESCRIÇÃO DA ENVOLVENTE SETORIAL DA EMPRESA .....	28
3.2.1 ANÁLISE DA INDÚSTRIA .....	28
3.2.2 ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA .....	28

3.2.3	PODER DE NEGOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES .....	29
3.2.4	PRODUTOS SUBSTITUTOS.....	29
3.2.5	ANÁLISE DE RECURSOS E CAPACIDADES .....	30
3.2.6	ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR .....	31
3.2.7	ANÁLISE SWOT .....	34
3.3	SUMÁRIO .....	34
<b>CAPÍTULO IV – ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO .....</b>		<b>35</b>
4.1	LAYOUT INDUSTRIAL.....	35
4.1.1	ZONA 1 – RECEÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS .....	35
4.1.2	ZONA 2 – PREPARAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS .....	36
4.1.3	ZONA 3 – PREPARAÇÃO DAS MATÉRIAS VIRGENS .....	39
4.1.4	ZONA 4 – EXTRUSÃO / PRODUÇÃO DE PRODUTO .....	40
4.1.5	ZONA 5 – PRODUÇÃO DE PALETES .....	42
4.1.6	ZONA 7 – PRODUÇÃO DE ESTACAS.....	42
4.2	ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	43
<b>CAPÍTULO V – PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO .....</b>		<b>44</b>
5.1	LAYOUT E OPERAÇÃO PROGRAMADA.....	44
5.2	MODELO DE PLANEAMENTO .....	45
5.3	ALGORITMOS DE RESOLUÇÃO E MONITORIZAÇÃO DE RESULTADOS .....	53
<b>CAPÍTULO VI – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>		<b>55</b>
6.1	PLANEAMENTO TÁTICO.....	55
6.2	PLANEAMENTO OPERACIONAL.....	60
6.3	MONITORIZAÇÃO DE RESULTADOS – EXCEL <i>DASHBOARD</i> .....	65
6.4	SUMÁRIO .....	67
<b>CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES.....</b>		<b>68</b>
7.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO TRABALHO DESENVOLVIDO .....	68
7.2	PERSPETIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	68
7.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
<b>BIOGRAFIA.....</b>		<b>71</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>74</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Análise das atividades.....	31
Figura 2 - Análise SWOT .....	34
Figura 3 - Etapas de preparação dos materiais plásticos e compósitos. ....	36
Figura 4- Destroçador .....	37
Figura 5- Separador de densidade .....	37
Figura 6- Máquina de lavagem e secagem.....	38
Figura 7 - Tratamento matérias-primas (Mobiliário) .....	38
Figura 8 - Tratamento das matérias primas (Construção) .....	38
Figura 9 - Preparação de matérias virgem .....	39
<i>Figura 10 - Processo de mistura</i> .....	40
Figura 11 - Extrusão .....	40
Figura 12- Extrusora .....	41
Figura 13- Sistema de arrefecimento.....	41
Figura 14 - Máquina de corte.....	41
Figura 15 - Paletizador .....	41
Figura 16- Processo de fabrico de paletes .....	42
Figura 17- Etapa de preparação de matérias virgens .....	47
Figura 18 - Etapa de mistura.....	47
Figura 19 - Etapa de preparação matérias-primas.....	47
Figura 20- Produção de produtos cenário 1 .....	56
Figura 21- Produção de paletes .....	57
Figura 22 - Produção de estacas 3 cenários.....	58
Figura 23 - Produção de Tábuas nos 3 cenários.....	58
Figura 24- Produção de barrotes nos 3 cenários .....	59
Figura 25- Produção de paletes nos 3 cenários .....	59
Figura 26- Produção semana 1 .....	61
Figura 27 -Produção de paletes .....	62
Figura 28 - Produção de estacas .....	62
Figura 29 - Produção de tábuas .....	63
Figura 30 - Produção de barrotes .....	63
Figura 31 - Produção semana 8.....	64
Figura 32- Dashboard.....	66

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de recursos e capacidades.....	30
Tabela 2 - Análise da Cadeia de Valor.....	32

# CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

No âmbito da componente não letiva do mestrado em Sistemas de Informação de Gestão, do Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, foi proposto um projeto de otimização do processo produtivo da unidade fabril destinada à produção de um produto, a partir de resíduos não metálicos.

O estrito cumprimento das restrições de sigilo imposta pela empresa de acolhimento do projeto impedem a divulgação quer da sua denominação quer da designação comercial do produto. A motivação apresentada pela Organização prende-se com a fase de implementação industrial do processo patenteado e com o facto de o produto ainda não se encontrar em comercialização. Importa, contudo, notar que a empresa, onde então desenvolvia atividade profissional, aceitou de bom grado o desafio desta proposta de trabalho, permitindo a recolha de dados e cedendo a informação necessária ao desenvolvimento do projeto.

Assim, por questões de facilidade de exposição, convencionou-se a denominação fictícia de *WasteMix* para o produto, referenciando-se a empresa portuguesa detentora da respetiva patente, como empresa ou organização de acolhimento do projeto.

Apresentadas as considerações introdutórias, passa-se a apresentar o problema e a empresa de acolhimento do projeto, de forma a contextualizar o tema e a traçar os objetivos propostos para a realização do mesmo.

## 1.1 Identificação do Problema

No momento da realização deste estudo a empresa operava numa unidade piloto de forma a realizar testes para a projeção da fábrica final, nomeadamente estudo dos equipamentos que iriam transformar as matérias-primas em produto final. A empresa detinha pouco equipamento industrial no local, operando parte do processo produtivo com equipamento de teste ou recuperado de outras indústrias.

É neste contexto que o presente projeto tem o seu enquadramento inicial. A proposta de trabalho envolve o desenvolvimento de uma interface para auxiliar a tomada de decisão por parte

dos gestores da futura unidade fabril. Para tanto, foi proposta a criação de um *dashboard* orientado para a monitorização de alguns indicadores de produção que permitissem auxiliar as decisões de gestão industrial.

Paralelamente, a importância de acompanhar o processo e de gerir a sua operação exigia o desenvolvimento de estratégias de planeamento da produção. Este objetivo foi incorporado através do desenvolvimento de modelos de otimização capazes de representar o problema de planeamento da produção ao nível tático (p.ex: 6 meses) e ao nível operacional (p.ex: semanal).

## **1.2 Apresentação da empresa**

A organização de acolhimento do projeto é uma empresa nacional de transformação de resíduos não metálicos. A empresa virá a operar no Alentejo e é detentora da patente do produto, *WasteMix*, que irá obter por extrusão, sendo a única a produzir este material em Portugal e no Mundo. Trata-se, pois, de uma organização pioneira.

Existe um investimento considerável em equipamento (maquinaria diversa) para o processo produtivo, algum dele projetado e fabricado exclusivamente para o tipo de produto em questão. Trata-se de equipamentos que cobrem os requisitos do processo desde a etapa inicial de preparação de matérias-primas até à etapa de extrusão do produto final.

Para além da diversidade de equipamento envolvido na montagem de uma unidade industrial com estas características, a empresa adquiriu uma outra, de forma a montar todas as facilidades necessárias à unidade industrial. Neste processo foram recuperadas as antigas instalações de uma anterior organização, a partir das quais foi conduzida a construção de um armazém e de parte do processo produtivo. Todos os funcionários da antiga empresa foram integrados na nova organização.

No momento da realização deste estudo a empresa operava uma unidade piloto e estava em fase de realização de testes para a fábrica final.

## **1.3 Pertinência do tema de Projeto**

A possibilidade de ter uma ferramenta de fácil uso por parte da gestão assume especial destaque no contexto de planeamento da atividade produtiva das organizações e na avaliação do

seu desempenho. Assim, a disponibilidade de um instrumento que permita uma atuação ágil em caso de falha ou avaria de um equipamento ou ainda, a ação atempada em situação de escassez de materiais, possui efetiva importância para o planeamento e gestão do processo industrial.

Neste âmbito, o desenvolvimento de um *dashboard* em Excel permitirá obter respostas a algumas questões pertinentes para a gestão, na empresa de acolhimento e, assim, proporcionar o planeamento, com maior rigor, do processo de compras e acompanhar, com maior proximidade, a dinâmica da produção e das encomendas.

Neste sentido, este estudo pretende acrescentar algum *know-how* em relação à otimização do processo produtivo e à capacidade de operação final da fábrica. Não menos importante, é ainda desenvolver um *dashboard* que auxilie a gestão do processo.

A organização de acolhimento do projeto investiu num produto inovador e, como tal, irá precisar de tomar decisões relativas à produção, isto é, a empresa deve estar ciente das limitações fabris e de tudo o que pode acontecer quando algo corre menos bem. Além das questões de reparação e manutenção das máquinas, a empresa tem que gerir as suas matérias-primas (provenientes da recolha do lixo doméstico) e toda a incerteza associada ao seu abastecimento (p.ex: quantidades, densidades dos abastecimentos).

Sendo assim, o projeto proposto pretende desenvolver ferramentas que auxiliem o processo de decisão da gestão, nomeadamente quanto aos *inputs* e *outputs* operacionais e quanto aos níveis de desempenho industrial.

Do ponto vista académico, a realização do projeto permite envolver várias temáticas do Mestrado em Sistema de informação, tais como: Otimização, Sistemas de Informação, Gestão entre outras. Num sentido mais científico, a otimização e, em particular, o planeamento da produção são temas muito presente em inúmeras publicações científicas, incluindo as mais recentes.

Por fim, o projeto trata ainda dois outros importantes assuntos, a reciclagem e a forma como podemos promover o ciclo de vida dos produtos. O produto em estudo é produzido a partir da reciclagem de produtos em fim de vida ou no fim do seu ciclo. Assim, o tema desta proposta abre novas perspetivas para o ciclo de vida dos produtos e antecipa o fecho do ciclo com a reciclagem de produtos que não teriam outro destino, para além do aterro.

## **1.4 Objetivos e Metodologia**

Neste ponto do relatório pretende-se apresentar os objetivos traçados para o presente projeto, definindo-se ainda as metodologias delineadas para alcançar esses objetivos e garantir a concretização do projeto.

### **1.4.1 Objetivos Gerais**

Este projeto procura ir ao encontro das necessidades de gestão e de planeamento operacional identificadas pela empresa de acolhimento. Considerada esta motivação, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma proposta de suporte à decisão que permita responder às principais questões de planeamento operacional. Para tal, propõe-se o desenvolvimento de uma formulação de planeamento ótimo e a construção de uma plataforma de simples utilização, *dashboard* em Microsoft Excel, que permita um suporte adequado aos propósitos de gestão considerados.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Os principais objetivos traçados para este projeto são:

- Desenvolver um modelo de otimização do processo produtivo da primeira fábrica com este processo/produto no mundo;
- Criar um *Dashboard* em Microsoft Excel, para representação gráfica e tabular de indicadores e variáveis operacionais relevantes, para o acompanhamento e controlo do processo;
- Estender a aplicação do *Dashboard* tendo em vista a sua utilização por parte dos gestores de negócio.

### **1.4.3 Metodologia**

Apresentados os objetivos há que definir a estratégia para os alcançar, ou seja, a metodologia adotada. Não só a elaboração do presente relatório como a realização do projeto seguem uma metodologia estrategicamente orientada para uma pesquisa de carácter participante, dado o estreito contacto com o objeto de pesquisa. Esta metodologia permite uma

melhor apreensão das técnicas e dos meios em uso pelos intervenientes, para que posteriormente se consiga uma interpretação, em cenário essencialmente prático e, como tal, mais próximo da realidade.

A etapa de progresso relativa ao planeamento operacional, é suportada por uma metodologia de *research design*, orientada para o desenvolvimento de propostas que permitam capacitar a empresa com ferramentas mais eficientes e de fácil utilização.

Foi pois delineado um conjunto de etapas de trabalho que podem sumariar-se da seguinte forma:

**1ª Fase** – Recolha de todos os dados relativos ao processo produtivo desde da chegada à bacia de descarga até a saída de Produto Final.

**2ª Fase** – Caracterização do processo produtivo da fábrica, capacidades de produção dos equipamentos e dos silos para *stock* de matérias-primas e misturas. Além das capacidades foi feita uma análise de todo o trajeto das diferentes matérias-primas.

**3ª Fase** - Planeamento ótimo dos processos produtivos, evidenciando todos os dados necessários ao funcionamento do modelo proposto.

**4ª Fase** – Ligação do output de otimização ao *Dashboard* em Excel e respetivos testes.

## **1.5 Estrutura do relatório**

O presente relatório apresenta-se subdividido em 7 capítulos. No presente capítulo, Capítulo I - Introdução, efetua-se uma apresentação sucinta da empresa, justificando-se a pertinência do tema de projeto e definindo-se os objetivos e a metodologia.

O Capítulo II, Enquadramento Teórico, é composto por uma revisão bibliográfica e análise do estado da arte no que diz respeito ao tema do projeto. Procura-se ainda neste capítulo apreciar algumas contribuições relativas à modelação ótima de problemas, analisando-se alguns dos desenvolvimentos e a sua aplicação em problemas de planeamento industrial.

No Capítulo III, Análise de Contexto, descreve-se a indústria e analisa-se a concorrência, os recursos e capacidades, a cadeia de valor e, por fim, apresenta-se a análise SWOT. Nesta sequência, o Capítulo IV, tem como propósito a apreciação extensiva do processo e das características operacionais com implicações para a gestão e planeamento da produção.

Cabe ao quinto capítulo a descrição da proposta de planeamento desenvolvida. Nesta apreciação para além da apresentação e fundamentação da proposta são ainda descritos os principais conceitos e condicionantes de implementação. Segue-se então o capítulo VI, Análise e discussão dos resultados das propostas desenvolvidas, no qual se apresenta uma síntese dos resultados obtidos para os cenários operacionais analisados.

Por fim, no Capítulo VII, Conclusões, apresentam-se as considerações finais, sumariando as expectativas e objetivos alcançados, e revêm-se conceitos apreendidos. Consequentemente, traçam-se alguns caminhos para possíveis desenvolvimentos futuros.

# CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo é dedicado ao enquadramento científico e técnico dos conteúdos integrantes da proposta de projeto. Assim, a revisão bibliográfica é dirigida para as temáticas de gestão da produção e operações, planeamento da produção, reciclagem e sustentabilidade e gestão de informação.

A exposição é desenvolvida com base em pesquisas bibliográficas, as quais permitiram recolher e reunir diferentes contribuições publicadas em artigos científicos e técnicos, livros e outras publicações científicas e académicas como dissertações de mestrado. Este levantamento bibliográfico permitiu assim caracterizar a pertinência científica das temáticas envolvidas no projeto e enquadrar o seu contexto organizacional.

## 2.1 Gestão da produção e das operações

Os gestores têm vindo a concentrar, cada vez mais, o foco da sua atenção na agressividade da concorrência e no aumento das exigências de competitividade. As atividades produtivas rotineiras deixam progressivamente de ser um hábito para serem práticas dinâmicas com requisitos de contínuo acompanhamento. A necessidade de partilha de recursos de disponibilidade limitada (p.ex: espaço, equipamentos, materiais, etc) acrescenta incentivo à gestão cuidada de todas as operações.

A este propósito, Slack *et al* (2007) afirma que um dos principais objetivos da gestão de operações é: “criar soluções que permitam garantir a transformação eficaz de recursos (*inputs*) em produtos e serviços (*outputs*)”. Menipaz (1984) fundamenta ainda que o objetivo de gestão das operações deve integrar três componentes básicas dos sistemas de operações: i) entradas (*inputs*), que podem ser tangíveis (pessoas, materiais e equipamentos) ou intangíveis (informação, tempo); ii) processos, que representam a essência dos sistemas; e iii) as saídas (*outputs*), isto é os bens e serviços. Ainda de acordo com este autor, a gestão de operações deve cuidar do projeto, do planeamento, da organização e do controlo de recursos do sistema de produção, de forma a fornecer produtos e serviços que satisfaçam as necessidades dos clientes e os objetivos da organização.

A tónica de gestão das operações fica então centrada na função de produção. Desta forma, independentemente do tipo de organização, as decisões a tomar no âmbito da “função de produção são semelhantes e dizem respeito à forma como os produtos ou serviços irão ser produzidos, nomeadamente no que respeita ao planeamento das atividades, à utilização eficaz dos recursos e à seleção dos indicadores a utilizar na monitorização do desempenho organizacional” (Slack *et al*, 2007).

Nesta sequência, Courtois *et al* (2007) distinguem-se três grandes tipos de produção, nomeadamente: produção contínua; produção descontínua; produção por encomenda.

As indústrias de fluxo contínuo, como a que é objeto de estudo no presente projeto, são as que realizam as mesmas operações, com poucas interrupções, produzindo em geral grandes quantidades de poucos produtos. Tal como refere Courtois *et al* (2007) a produção contínua “processa grandes quantidades de um produto ou de uma família de produtos. A implantação é feita em linha de produção, sendo o fluxo do produto linear”. Este autor afirma ainda que: “neste tipo de produção, as máquinas ou as instalações estão dedicadas ao produto a fabricar, o que em geral, não permite uma grande flexibilidade”, reforçando ainda que esta automatização decorre da necessidade de “obter custos de produção baixos, um nível de qualidade elevado e estável, muito poucos produtos em curso de fabrico e uma circulação rápida dos produtos”. Paralelamente, refere ainda que este fluxo de produção “obriga à manutenção preventiva das máquinas, para evitar a paragem total da fábrica”.

Por sua vez, a produção descontínua reporta a sistemas produtivos, onde é produzida uma elevada variedade de produtos, usualmente em pequenas quantidades. Este tipo de sistema é frequentemente configurado num *layout* funcional, no qual máquinas ou postos de trabalho similares são agrupados em secções ou centros de trabalho, possibilitando sequências e percursos de fabrico bastante diversificados (Henrich *et al*, 2004). Courtois *et al* (2007) afirmam que “neste tipo de produção, as máquinas ou as instalações têm capacidade para executar um grande número de operações, não são específicas de nenhum produto, o que permite uma grande flexibilidade”.

Os mesmos autores (Courtois *et al*, 2007), denominam este tipo de produção como “produção por projeto” e afirmam que “no caso da produção por projeto, o produto é único [...] O princípio de uma produção por projeto consiste em encadear todas as operações que conduzem à conclusão do projeto minimizando os tempos mortos, a fim de entregar com um atraso mínimo ou na data estipulada”.

## 2.2 Planeamento da produção

O planeamento da produção tem vindo a assumir um papel cada vez mais importante na gestão dos sistemas produtivos das empresas. Esta relevância do planeamento é reconhecida no contexto organizacional e reforçada em inúmeras contribuições científicas.

O planeamento da produção é considerado como ponto de convergência de informações transformadas em instruções detalhadas para a gestão de encomendas e para o fabrico, permitindo controlar de forma eficiente as previsões necessárias para a área de produção (Zacarelli, 1987).

De acordo com Chiavenato (1990), o planeamento determina *a priori* “o que se deve fazer, quando fazer, quem deve fazê-lo e de que modo”. Neste sentido, o autor assume que, a função do planeamento da produção é “planear e programar a produção e as operações da empresa, bem como controlá-las adequadamente, objetivando aumentar a eficiência e a eficácia dos sistemas de produção”. O autor acrescenta ainda que “o planeamento da produção se fundamenta na previsão de vendas como base do que a empresa pretende colocar no mercado e da sua capacidade de produção.

Slack *et al* (2007) partilha de um ponto de vista semelhante, alegando que “o propósito do planeamento da produção é garantir que os processos ocorram eficaz e eficientemente, produzindo produtos e serviços conforme requeridos pelos consumidores”.

O planeamento é pois um termo bastante genérico, associado a uma diversidade de funções que interessa classificar, nomeadamente de acordo com o nível de decisões a tomar e o horizonte temporal envolvido.

### 2.2.1 Níveis de Planeamento

Como preconizam Lisboa & Gomes (2008) “o planeamento assume diversas formas que se distinguem, entre outras variáveis, pelo horizonte temporal a que se refere e pelo nível hierárquico em que é executado”. Desta forma, as atividades de planeamento no sistema de produção devem ser exercidas em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico (longo prazo), o departamento de produção é responsável pela formulação do planeamento estratégico da produção. Já no nível tático (médio prazo) tal departamento deve elaborar o plano agregado de produção que dará origem ao designado

planeamento-mestre da produção e no nível operacional (curto prazo) o setor responsável pela produção deve preparar a programação da produção (Lisboa & Gomes, 2008).

A implementação do planeamento estratégico ao nível operacional exige o desenvolvimento de um plano de produção de ampla escala. Este plano estabelece a combinação entre a taxa de produção, o nível de mão-de-obra e os níveis de *stocks* disponíveis de forma a promover a eficiência (i.e. a minimizar custos) e a satisfazer as previsões de procura (i.e. satisfazer requisitos de eficácia).

Conforme Tubino (2000), o plano agregado de produção é um plano de médio prazo que afeta os recursos produtivos de forma coerente com as estratégias da organização. Segundo o autor, esse plano equaciona os níveis de produção, os *stocks*, os recursos humanos, as máquinas e as instalações, a fim de responder à procura prevista de bens e serviços. O autor refere que as informações do plano agregado de produção, estão definidas de acordo com o planeamento estratégico e são desdobradas ou desagregadas, servindo de base para o planeamento mestre de produção.

Lustosa & Nanci (2008) partilham o mesmo ponto de vista, afirmando que o planeamento agregado da produção procura o dimensionamento dos recursos produtivos (mão-de-obra, equipamentos e materiais básicos), a fim de garantir que estes estarão disponíveis em quantidades adequadas e nos momentos adequados. Courtois *et al* (2007) acrescentam ainda que o “plano agregado de produção irá servir de enquadramento ao plano mestre de produção, cuja função é fornecer, com maior detalhe e já de uma forma desagregada, a produção a executar semanalmente”.

Numa outra perspetiva, Bower (2012) afirma que o planeamento de operações e vendas está num momento de transformação importante devido ao avanço da tecnologia. Agora podem ser feitos planos detalhados, podem ser otimizados, agregados e podem ser criadas propostas alternativas. Pahl & Vob (2014) observam ainda que o planeamento do número de máquinas e a seleção do mix de produtos são importantes decisões tomadas a nível estratégico, determinantes do plano agregado de produção.

Por outro lado, no que diz respeito ao planeamento tático, o plano mestre de produção (PMP) é obtido diretamente a partir do planeamento agregado, dando origem à definição das capacidades dos recursos e necessidades de materiais e matérias-primas (Stevenson, 2005). O planeamento mestre de produção (*Master Production Scheduling*, MPS), segundo Corrêa &

Corrêa (2006), coordena a procura do mercado com os recursos internos da empresa, de forma a programar taxas adequadas de produção de produtos finais.

Assim, o plano-mestre da produção “desmembra” o plano agregado de longo prazo em planos específicos de produtos acabados (bens ou serviços), direcionando as etapas de programação e execução das atividades operacionais (montagem, fabricação e compras) ou seja, faz a conexão entre o planeamento agregado e as atividades operacionais.

De acordo com Slack *et al* (2007), o plano-mestre de produção é a fase mais importante do planeamento da produção de uma empresa, pois contém uma declaração da quantidade e momento em que os produtos finais devem ser produzidos; esse plano direciona toda a operação em termos do que é montado, produzido e comprado. Assim, este plano é a base do planeamento de utilização de mão-de-obra e equipamentos e determina o aprovisionamento de materiais e os requisitos de capital. O autor faz regista ainda a ligação entre os dois níveis de planeamento e faz notar que o desenvolvimento do PMP, necessita de informações provenientes do plano agregado de produção, tais como: previsões de itens finais individuais; encomendas reais recebidas de clientes; nível de stock para itens finais individuais e restrições de capacidade.

No entanto, o plano-mestre de produção e o plano agregado de produção apresentam dois grandes aspetos diferenciadores: “o nível de agregação dos produtos e a unidade de tempo analisada”. O plano agregado de produção trata de famílias de produtos, o plano mestre de produção, já voltado para a operacionalização da produção, trata de produtos individuais. O plano agregado de produção emprega meses, trimestre e anos, o plano mestre de produção emprega um planeamento mais curto, normalmente semanas ou, no máximo meses para produtos com ciclos produtivos longos (Tubino, 2000).

Com a realização dos planos mestres, o passo de planeamento seguinte é a programação e sequenciamento da produção.

De acordo com Tubino (2000), a programação da produção encarrega-se da definição de quanto e quando comprar, fabricar ou montar de cada item necessário à composição dos produtos acabados com base no plano-mestre de produção e nos registos de controlo de *stocks*. Considerando como objetivo “cumprir os prazos de entrega e fazer a melhor utilização dos recursos produtivos”, através do planeamento do fluxo de trabalho, o autor refere a importância de o responsável pelo planeamento estabelecer as cargas para os centros de trabalho, garantindo a disponibilidade de materiais, ferramentas e pessoal, e programando as datas de início e finalização de cada pedido.

Numa outra perspectiva, Chase *et al* (2006), apresentam a programação da produção como “uma distribuição temporal utilizada para programar atividades utilizando recursos ou alocando instalações”. A função da programação, segundo os mesmo autores, é desagregar o plano mestre de produção em atividades semanais, diárias e/ou por hora, sequenciadas no tempo.

Esse sequenciamento, segundo Corrêa e Corrêa (2006), refere-se à definição das prioridades das ordens de produção nas quais as atividades devem ocorrer para atingir os seus objetivos e a programação consiste em distribuir no tempo as atividades, seguindo o sequenciamento definido e as restrições.

### **2.2.2 Propostas, Métodos e Técnicas de Planeamento**

Segundo Tubino (2000), as técnicas utilizadas para auxiliar a elaboração de um plano agregado de produção, podem ser divididas em duas categorias: as técnicas matemáticas, que empregam modelos matemáticos, na pesquisa da alternativa ou solução ótima (programação linear, programação por objetivos, simulação, algoritmos genéticos etc.) e as técnicas heurísticas. A estas últimas associam-se outras técnicas de decisão baseadas em procedimentos de tentativa e erro que empregam tabelas e gráficos para visualizar as situações planeadas e decidir pela melhor alternativa ou decisão. Nestas técnicas, os planos agregados de produção são frequentemente desenvolvidos em folhas de cálculo que ajudam na avaliação das alternativas e podem empregar formas gráficas para visualização e tomada de decisões (p.ex: *dashboards*).

De acordo com Courtois *et al* (2007), industrialmente, os métodos utilizados no planeamento agregado de produção são muitas vezes subjetivos e baseados na experiência do responsável pelo planeamento na empresa. Por outro lado, a criação do plano agregado de produção deve considerar os objetivos estratégicos da empresa, procurando a alternativa de menor custo. Assim, a conjugação desses dois fatores conduz a procedimentos em que a variável a manipular é selecionada através de uma análise comparativa (i.e. determinando diversos planos de produção que satisfazem a procura prevista) e selecionando aquele que apresentar menores custos.

Na prática, esperamos do planeamento bons níveis de desempenho produtivo e uma boa capacidade de integração de perturbações na capacidade, nas encomendas e no tempo (Stoop & Wiers, 1996). Abordagens como o MRP – Material Requirement Planning, criado nos Estados Unidos no final da década de 60 e início de 70, procuram dar resposta a essas questões auxiliando a identificação das necessidades de materiais conforme a necessidade de produção. Mais tarde,

surge o MRPII – Manufacturing Resources Plannings, desenvolvido na década de 80 e que passou a incorporar, além das necessidades de material, a análise de restrições de capacidade da fábrica e dos recursos financeiros disponíveis.

Por outro lado, os modelos ou formulações matemáticos de otimização procuram identificar o valor ótimo de uma ou várias funções de planeamento, as quais estão, na sua generalidade, sujeitas à verificação de restrições que representam limitações dos diferentes tipos de recursos. Estes modelos envolvem, em geral, complexos e estruturados procedimentos de pesquisa da alternativa ou solução ótima de planeamento.

Neste contexto, de acordo com Hillier & Liberman (2010), a otimização surge como uma ponderosa ferramenta para a resolução desse tipo de problemas. Segundo estes autores, o desenvolvimento de modelos de otimização, em contexto aplicado, compreende seis passos: i) definição do problema; ii) criação de um modelo matemático; iii) desenvolvimento de um procedimento computacional para a sua resolução; iv) testes ao modelo; v) preparação da aplicação e vi) implementação do modelo.

Atualmente, a otimização é uma área de conhecimento muito vasta, compreendendo a implementação de várias técnicas de investigação operacional e das ciências da computação. A sua aplicação na resolução de problemas em contexto organizacional, em diferentes sectores de atividade, tem vindo a tornar-se um importante foco de interesse para as empresas (que pretendem melhorar os seus processos de negócio, Dittmann, 2012) e uma grande oportunidade de desenvolvimento para a comunidade científica (que procura melhorar a qualidade das propostas apresentadas).

Neste âmbito, o planeamento da produção tem sido uma das áreas de grande foco empresarial, para as ferramentas de otimização. É uma área de pesquisa importante nas empresas modernas, em que os processos de tomada de decisão são cada vez mais exigentes, rigorosos e complexos (Grossman, 2012).

Alguns trabalhos de revisão do estado do conhecimento (Papageorgiou, 2009; Barbosa-Póvoa, 2012) destacam os inúmeros desenvolvimentos que têm sido propostos pela comunidade científica e a sua aplicação em contexto industrial, em particular, no âmbito da indústria de processos. Barbosa-Póvoa (2012) regista ainda o progresso dos modelos de otimização e a sua capacidade de resolução de problemas à escala industrial.

Sumit *et al* (2012) descrevem um modelo de programação linear inteira mista (PLIM), para o planeamento ótimo da produção de um processo contínuo. Os resultados do estudo de caso

industrial mostraram que, apesar da grande dimensão do modelo, foi possível obter baixos tempos de resolução, em resultado dos detalhes de representação adotados.

No que reporta à modelação da variável tempo, Stefansson *et al* (2011) apresentam uma interessante contribuição para os problemas de programação da produção. Os autores desenvolvem modelos de planeamento operacional, de larga escala, utilizando as representações: discreta e contínua do tempo, na construção do modelo matemático. As propostas são testadas para casos industriais no âmbito da indústria farmacêutica. Neste âmbito, Amaro & Barbosa-Póvoa (2011), numa análise comparativa das representações de tempo discreto e contínuo (em escala industrial) concluíram que apesar de requisitos dimensionais mais exigentes, as formulações discretas apresentavam melhores desempenhos computacionais.

### **2.3 Reciclagem e sustentabilidade**

As questões da sustentabilidade ambiental, em geral, e as designadas práticas “verdes” têm sido objeto de progressivo interesse e desenvolvimento científico nas últimas décadas, como o demonstra a revisão do estado da arte neste domínio, Srivastava (2007).

As contribuições relacionadas com o “fecho do ciclo” logístico e a integração dos fluxos inversos, Amaro & Barbosa-Póvoa (2008), Shi *et al* (2011) e Cardoso *et al* (2013), ilustram precisamente o esforço de integração do determinante de sustentabilidade, em proposta de modelação ótima de problemas de planeamento.

Por outro lado, tomando a referência a Lavoisier, “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma” temos claro o princípio da reciclagem e reconversão de produtos. É essa frase mítica que sustenta o desenvolvimento do produto derivado de lixo, em estudo no presente projeto. Este processo ilustra exatamente uma prática de fecho do ciclo logístico de um conjunto de materiais de difícil tratamento e decomposição (polímeros, papel, cartão, madeira) e que, de outra forma, seriam depositados em aterros. De notar que, a decomposição em aterro é um processo lento (chega a demorar mais de 300 anos) e, por outro lado, a utilização desses materiais para produção de eletricidade demonstrou já não ser rentável, para além de originar a libertação de gases nocivos (Proyectos Quimicos). Trata-se pois de um processo de reciclagem de lixo doméstico e materiais diversos que se enquadra no âmbito dos desenvolvimentos inerentes à sustentabilidade ambiental.

## 2.4 Gestão de Informação

### 2.4.1 Sistemas de Informação

Os sistemas de informação, de acordo com Laudon & Laudon (2014), podem ser definidos tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que recolhem (ou recuperam), armazenam e distribuem informação com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão e o controlo numa organização. Além disso, segundo os autores, “os sistemas de informação também auxiliam os gestores e trabalhadores a analisar problemas, a visualizar configurações complexas e a criar novas soluções”.

Colocando a tónica na componente empresarial, Laudon & Laudon (2014), consideram que os sistemas de informação assumem o destaque de “solução organizacional e de gestão, baseada em tecnologias de informação, com capacidade de resposta aos novos desafios”. Neste sentido, os autores sublinham o papel da organização e a importância da sua integração “como um todo” no planeamento dos sistemas de informação.

Seguindo este conceito inclusivo, Courtois *et al* (2007) afirmam que “uma grande tendência que se desenvolveu e que está na origem do *software* lançado no mercado, no fim do século passado, é a noção de integração”. A existência de múltiplos *softwares* numa organização, cada um com o seu propósito e operando em modo independente, facilita a ocorrência de repetição de tarefas, a desmultiplicação de dados e a não cobertura de algumas tarefas ou atividades. Courtois *et al* (2007) motivam assim a importância de desenvolvimento de propostas integradas de gestão, conhecidas atualmente como sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Este princípio de solução empresarial integrada tem vindo a ser objetos de inúmeros desenvolvimentos, conhece ainda os seus desenvolvimentos em várias contribuições que destacam diferentes aspetos associados à implementação de soluções integradas de gestão. Neste âmbito, Oenning *et al* (2004) enfatizam a importância das tecnologias de informação e o facto de estas tornarem possível a aplicação prática de diversos sistemas e, como tal, permitirem uma visão integrada dos processos, com melhorias significativas para as empresas. Estes autores, apontam ainda alguns determinantes para os sistemas de informação, destacando que estes devem atenuar os riscos associados à tomada de decisão. Assim, em sistemas informáticos industriais, as decisões devem estar ligadas ao processo produtivo pois, é neste processo que se centra a decisão gera e à aceitação no mercado (Oenning *et al*, 2004).

Ainda no âmbito das soluções integradas, a proposta de Kumar (2011) coloca a tônica na aferição da agilidade do sistema e na sua capacidade de resposta em tempo real, enquanto Nazemi *et al* (2012) centram a sua contribuição nas questões relativas à automatização dos processos e na capacidade de integração dos dados de toda a organização.

### **2.4.2 Dashboard**

Numa outra perspectiva, dirigida para a importância da representação visual de dados, Andra (2006) destaca a importância de construção de ferramentas que agilizem o processo de decisão. O autor propõe a utilização do *dashbord* como ferramenta de gestão, considerando que esta é, na sua forma mais simples uma representação gráfica de dados, que muitas vezes se encontram ocultos. Andra (2006) estabelece o paralelismo entre o *dashboard* e o cockpit de um carro, que monitoriza visualmente dados, ou o painel de instrumentos de um avião, uma vez que este permite visualizar o *status* atual e, simultaneamente, fornecer informação útil para atuação futura. O autor sugere ainda um conjunto de etapas a considerar na construção e um *dashboard*: i) definir os objetivos desejados; ii) perceber o processo de negócio da organização; iii) decidir as áreas chaves que devem ser medidas e a contemplar no dashboard; iv) identificar privilégios; v) definir indicadores; vi) selecionar as ferramentas e as metodologias; e vii) implementar mecanismos de gestão proactiva.

Por outro lado, Love & Resnick (2006) vêm sublinhar a existência de alguma relutância quanto ao uso generalizado de *dashboards*, devido à fiabilidade dos dados que o irão “alimentar”. Por vezes, as organizações não utilizam esta ferramenta, pois têm dúvidas em relação aos seus próprios dados.

A este propósito e considerando que os dados são cruciais para tomar decisões, os autores propõem (baseados no princípio de Pareto, 80% dos problemas de um sistema ou processo são causados por 20% das atividades do processo) a utilização de subconjuntos de dados, quando não está disponível a totalidade da informação ou existem dúvidas quanto ao rigor dos dados completos.

## 2.5 Sumário

No presente capítulo efetuou-se uma apreciação crítica do enquadramento técnico-científico do tema do projeto. Num primeiro momento analisaram-se as propostas no domínio da gestão da produção e das operações, as quais serviram de mote ao planeamento ótimo da produção.

Por outro lado, considerada a especificidade dos processos em análise, foi efetuada uma exposição relativa às questões da reciclagem e da sustentabilidade ambiental.

Por fim, seguindo essa linha de desenvolvimento, enquadrou-se a ligação das temáticas anteriores à área dos sistemas de informação, sublinhando-se o papel de ferramentas como o *Dashboard* e a sua importância no contexto de gestão e de suporte à decisão.

# **CAPÍTULO III – Análise de Contexto**

Neste capítulo, faz-se uma análise Micro e Macro da empresa, de forma a caracterizar a organização no seu meio envolvente, isto é, o estado da economia mundial e nacional, fatores sociais e tecnológicos. Para isso realiza-se um pequeno estudo/análise da organização e seus concorrentes.

## **3.1 Contexto político, económico, social e tecnológico**

### **3.1.1 Fatores políticos – Legais**

De acordo com as leis em vigor, nomeadamente a Diretiva 1999/31/CE de 26 abril convertida em Decreto-lei n.º 152/2002 de 23 de maio é definido um espaço temporal para a redução de resíduos sólidos urbanos em aterros, dando assim, preferência a unidades de compostagem, digestão anaeróbica e outras formas de valorização. Esta lei determina uma redução 65% até este ano (2016).

Com apoio desta lei a organização entra como sendo “outra forma” de valorização de resíduos e tornando-se um negócio que possibilita o reaproveitamento de diversos tipos de resíduos e seu tratamento para uma futura utilização, devolvendo ao mercado sobre forma de um produto.

Do ponto visto político é importante salientar que organizações como estas precisam de um forte apoio a nível político para obtenção de licença industrial, licença para receber este tipo de resíduos e o imprescindível apoio dos municípios para que estes depositam os resíduos dos seus cidadãos em unidade industriais como a da organização.

### **3.1.2 Fatores económicos**

A economia Mundial vive um período de incerteza, após a crise de 2008 e mais recentemente com os ataques terroristas. A entrada de organizações de apoio, tal como, FMI (Fundo Monetário Internacional) em alguns países e por fim o fenómeno de “Brexit”, isto é, a

saída do Inglaterra da união europeia levou ao aumento da incerteza face aos mercados e as repercussões que todos estes assuntos na economia Mundial.

O recente voto a favor da saída dos britânicos da União Europeia levou a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) a alertar os estados membros as implicações que poderão surgir e levar a um efeito dominó que poderá atingir uma economia mundial e enfraquecer o já lento crescimento económico Europeu.

Apesar deste acontecimento o FMI prevê um crescimento mundial na ordem dos 3.1% em 2016 (dados de julho 2016), 0,1% abaixo do previsto no início deste ano, sendo que o crescimento será igual a 2015. Para a zona euro é estimado um crescimento de 1,6% em 2016.

### **3.1.3 Fatores sociais**

Nos dias de hoje vivemos cada vez mais preocupados com o meio ambiente. Sendo que cada vez mais a população preocupa-se em realizar pequenas tarefas para assim reciclar diversos tipos de resíduos e dando em alguns casos preferência em produtos embalados que sejam facilmente recicláveis ou que podem ter várias utilizações. Desde de 1991 que o número de resíduos recolhidos seletivamente têm aumentando de 1,5 kg/habitante para os 61,4kg/habitante em 2014 (Fonte INE), relativamente aos resíduos urbanos por têm rondados os 400 á 500 kg por habitante, tendo algumas variações durante a década.

Podemos constatar que a percentagem de resíduos urbanos recolhidos seletivamente foi aumentando e os resíduos urbanos reciclados também sendo de 13,6 % e 16,2 % respetivamente em 2014.

### **3.1.4 Fatores Tecnológicos**

O desenvolvimento tecnológico leva que a produção de produtos gerados através de resíduos seja mais eficiente, tais como a digestão anaeróbica e o aumento de produção de gás com base neste sistema.

## **3.2 Descrição da envolvente setorial da empresa**

### **3.2.1 Análise da indústria**

A indústria da reciclagem têm vindo a expandir-se, porém são poucas as indústrias que se assemelham a organização, isto é, existe algumas indústrias que fazem a reciclagem de matérias-primas semelhantes as usadas para o produto final da organização, mas não chegam a ter as mesmas capacidades e funções ou por e simplesmente não aceitam um ou outro material na sua composição.

Existe ainda indústrias semelhantes em produtos, isto é, esta gama de produtos finais é baseada em produtos de madeira, logo já existe a sua comercialização em vários players nacionais e internacionais.

Para a entrada neste mercado é necessário um forte investimento em maquinaria, patente e processo produtivo do produto, na qual, a organização é detentora deste mesmo direito, o que leva difícil uma concorrência direta a esta indústria.

A rede de distribuição deverá ser igual ou semelhante às indústrias similares e deverão usar como rede de distribuição empresas de logística para o efeito. A nível de fornecedores a rede é pequena e terá que ser com base no apoio de entidades governamentais para obter matéria-prima, e outras empresas que fazem a recolha de lixo para reciclagem, o que faz com que nem sempre se consiga obter dos fornecedores material para abastecer a fábrica, será necessário obter vários fornecedores para que nunca falha o fornecimento de resíduos a fábrica.

### **3.2.2 Análise da Concorrência**

Num mercado de produtos de jardins, paletes e estacas existe concorrência entre produtores em Madeira e os que usam em grande parte os plásticos como matéria-prima. Apesar de concorrentes entre si, cada um é diferente em forma e durabilidade e tornando-se assim uma escolha que se difere conforme os consumidores. O que estes produtos se diferem da concorrência está na sua vida prolongada e sua resistência ao meio ambiente.

Sendo a empresa detentora da patente do produto, faz com que não exista concorrência direta de produtos, pois só existe os substitutos como referido acima.

Outra área passível de ser considerado concorrência são as indústrias de valorização de resíduos, tais como, a digestão anaeróbica com a produção de gás e adubos, as indústrias de reciclagem de plástico, papeis e madeira. Porém indústrias que geralmente pouco se complementam no seu *layout* produtivo, sendo quase sempre necessário os resíduos serem tratados antes da sua inserção nas indústrias referidas.

### **3.2.3 Poder de negociação dos fornecedores**

A nível de obtenção de matéria-prima existe uma vasta gama de fornecedores para as matérias-primas não obtida pela recolha de resíduos. Porém caso não exista capacidade de obtenção de matérias-primas pelas vias normais a empresa poderá comprar as empresas que façam a separação de resíduos e seu tratamento em centros de reciclagem ou empresas ligadas à indústria da madeira para os restos de madeira.

Existe grande variedade de obtenção de matérias-primas, visto que todos nós produzimos resíduos, cabe a empresa contactar os municípios para obter mais resíduos.

### **3.2.4 Produtos substitutos**

Os produtos substitutos estão maioritariamente ligados à indústria da madeira, pois o produto mais semelhante ao que é produzido pela empresa é a palete de madeira, escadas e artigos produzidos com a madeira de pinho tratado. A diferenciação entre produtos está ligada à qualidade dos mesmos, pois o WasteMix a produzir é considerado mais resistente a fator ambientais, tais como a chuva e o sol, quando comparado com produtos funcionalmente homólogos, fabricados em plásticos diversos ou madeira.

### 3.2.5 Análise de recursos e capacidades

Tabela 1 - Análise de recursos e capacidades.

Recursos da empresa	
Recursos Tangíveis	Recursos Intangíveis
<p><b>Recursos Físicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizado no Alentejo um pouco distanciado das principais vias de acesso;</li> <li>• Área de exploração: 15000m2;</li> <li>• Área industrial: 9750m2;</li> <li>• Área de produção: 8000m2;</li> <li>• Área de apoio à produção: 750 m2;</li> <li>• Área administrativa; 1000 m2;</li> <li>• Silos de Matérias-primas;</li> <li>• Tratamento de Águas Residuais;</li> <li>• Capacidade de produção estimada de 140/150 toneladas.</li> <li>• Armazém de Produto final;</li> <li>• Laboratório;</li> <li>• Grande espaço para receção e entrega de mercadorias.</li> </ul>	<p><b>Recursos Humanos</b></p> <p>12 Colaboradores;</p>
<p><b>Recursos Financeiros</b></p>	<p><b>Inovação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pioneiros na produção desta composição de produto;</li> <li>• Detentores de Patente;</li> </ul>
<p><b>Recursos Organizacionais</b></p> <p>Sistema ERP PHC;</p> <p>Estrutura Organizacional vertical;</p>	
<p><b>Recursos Tecnológico</b></p> <p>Parque informático atual;</p> <p>Equipamentos industriais recentes;</p> <p>Automação da zona industrial com ligação Ethernet para controlo na rede;</p> <p>Sala de comandos equipada;</p>	

### 3.2.6 Análise da cadeia de valor

Segundo a figura 1 a cadeia de valor inicia-se com a logística de entrada, ou seja, a receção das matérias-primas, sendo que de seguida é tratada e transformado pela produção, a parte das Vendas/Marketing trata das vendas dos diversos produtos e por fim existe a expedição do produto final pela logística de saída. Os serviços garantem a qualidade dos produtos vendidos.

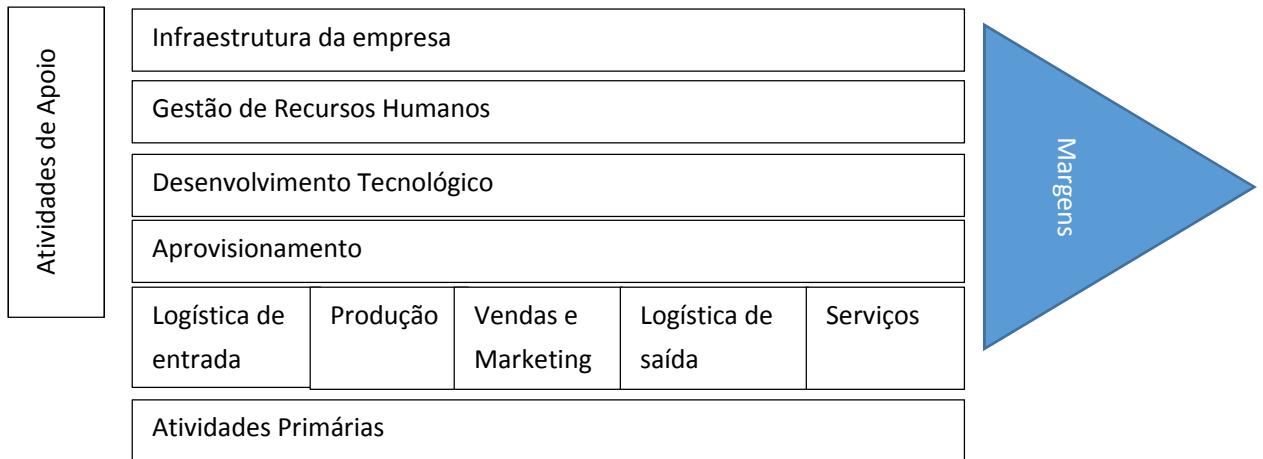


Figura 1- Análise das atividades.

Na tabela seguinte são descritas as atividades primárias da cadeia de valor, isto é, a identificação das atividades e sua descrição por cada atividade primária.

**Tabela 2 - Análise da Cadeia de Valor**

<b>ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR</b>	
<b>Atividades Primárias</b>	<b>Operações</b>
<b>LOGÍSTICA DE RECEÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Receção das matérias-primas proveniente da recolha de lixo;</li> <li>- Receção de matérias-primas proveniente de compra a fornecedores;</li> <li>- Armazenamento de matérias nos silos ou em armazém;</li> <li>- Controlo de stock</li> </ul>
<b>PRODUÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lavagem de matérias-primas;</li> <li>Trituração e moagem de matérias-primas;</li> <li>Secagem de matérias-primas;</li> <li>Preparação de misturas;</li> <li>Transferência de matérias entre silos;</li> <li>Planeamento da produção;</li> <li>Transformação das matérias-primas em produto final;</li> <li>Controlo da produção;</li> <li>Manutenção das máquinas.</li> </ul>
<b>VENDAS</b>	Venda de produtos;
	A atividade de vendas é responsável por escoar os produtos, garantindo assim contratos com empresas, de modo a vender os seus produtos.

	Realização de contratos de fornecimento; Gestão de encomendas.	Sendo assim cabe as vendas providenciar a produção quais os produtos finais que devem ser produzidos a fim de cumprir com as encomendas.
<b>LOGÍSTICA DE SAÍDA</b>	Controlo de stock; Expedição de produto final;	Por fim a Logística de saída deve proceder a saída do material do armazém. Esta atividade deve fazer igualmente o controlo de stock.
<b>SERVIÇO</b>	Garantia de qualidade dos produtos	A fase dos serviços assegura a qualidade dos produtos vendidos.
<b>ATIVIDADES DE APOIO</b>		Operações
<b>INFRAESTRUTURA DA EMPRESA</b>		Planeamento Gestão e planeamento da produção e dos stocks. Finanças/Contabilidade Pagamentos e controlo da tesouraria. Lançamento da documentação contabilística. Comercial Compra de matérias-primas. Venda de produtos. Laboratório Controlo de qualidade.
<b>GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS</b>		<b>Recrutamento e Seleção</b> Controlo de pontualidade e assiduidade.
<b>DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO</b>		Otimização dos processos fabris.
<b>APROVISIONAMENTO</b>		Aquisição de matérias-primas e subsidiárias.

### 3.2.7 Análise SWOT

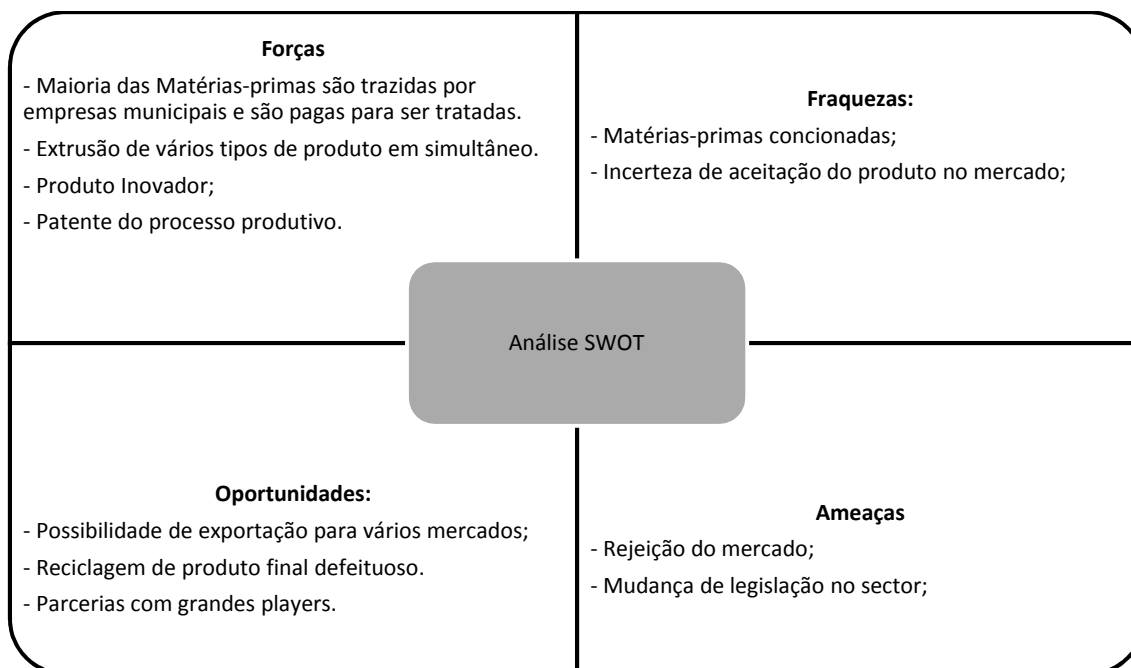


Figura 2 - Análise SWOT

### 3.3 Sumário

Este capítulo começa por apresentar de forma resumidas condições económicas, financeiras, sociais e tecnológica do meio envolvente. Vemos uma clara perturbação na economia nacional e internacional seja a nível económico como social, vivendo-se períodos de incerteza nos diversos mercados, e é por isso, que se torna difícil obter uma previsão do negócio nos próximos anos, seja pelas perturbações ou seja pela novidade inerente ao processo e produto que a organização virá a comercializar.

Numa segunda parte, vemos os vários *players* necessários ao bom funcionamento do negócio, seja fornecedores ou parceiros sociais para a angariação de matérias-primas. É importante frisar que grande parte da obtenção de matérias-primas provêm da recolha dos municípios ou outras empresas. Cabe a organização ter o especial cuidado na boa manutenção destes parceiros e a procura ativa de novo parceiros seja para o crescimento organizacional, seja por motivo de perda de algum parceiro.

# CAPÍTULO IV – ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

O *WasteMix* é um produto derivado de lixo, criado em 2013 e registada a sua patente por uma empresa portuguesa. Esta empresa da Marinha Grande atua nas áreas da eletrotécnica, da mecânica e da engenharia industrial.

O produto surgiu a partir da ideia de reciclar vários materiais de difícil decomposição, tal como, o plástico e embalagens de alumínio, criando um produto com características muito semelhante a madeira, isto é, que permite ser operado/manuseado tal como a madeira. Assim, é possível que o Produto Final seja serrado, pregado e pintado com os utensílios utilizados na madeira.

O processo de produção deste material pertence à empresa detentora da patente e a produção em Portugal é da responsabilidade da empresa, situada em Ponte de Sor, que é a primeira fábrica a nível mundial a produzir o Produto Final.

## 4.1 *Layout Industrial*

O *layout* da unidade fabril é dividido em 7 grandes zonas. A primeira dessas zonas centra-se na receção das matérias-primas, isto é, local onde é deixado os resíduos antes de proceder a sua preparação na segunda zona e terceira zona. Na segunda e terceira zona as matérias-primas são tratadas (Trituradas, moídas e limpas) para seguir viagem até a zona de mistura que se situa na terceira zona. Após ser produzido as misturas para o *WasteMix*, podemos finalmente produzir os produtos que queremos na zona quatro. Por fim, caso o produto seja para palete irá até a zona cinco ou, se a estaca necessita de um bico, irá para a zona 6.

### 4.1.1 ZONA 1 – Receção de Matérias-Primas

A operação de receção de matérias-primas é muito condicionada pelo tipo de material. Os e estas condicionam o local onde são rececionadas, assim é necessário que o local de descarga seja munido de várias descargas. Assim, têm-se as seguintes “Tomadas de Descarga”:

1.- Plásticos e compósitos (entre 140-150 ton/dia):

- Tomada de descarga para compósitos de plástico;

- Resíduos provenientes de unidades de reciclagem de plástico;
- Embalagens de produtos químicos produzidas em compósitos de plástico;
- Entre outros...

2.- Materiais provenientes de mobiliário (entre 0-5 ton/dia):

- Moveis usados;
- Paletes em fim de vida;
- Entre outros...

3.- Materiais resultantes de remodelações/construções (entre 0-5 ton/dia):

- Restos de placas de gesso com madeira e papel;
- Restos de madeiras;

4.- Produtos necessários à formulação

- Sistema de receção de endurecedor;
- Sistema de receção de serradura.

#### 4.1.2 ZONA 2 – Preparação das matérias-primas

A etapa da preparação das diferentes matérias-primas decorre segundo processos de tratamento diferenciado dos materiais. Por isso divide-se em 2 zonas para cada tipo de matéria-prima, a zona dos reciclados e a zona da matéria virgem.

Sendo assim segue de seguida as diferentes etapas até a matéria-prima seja devidamente tratada antes de chegar aos silos.

**Para os plásticos:**



Figura 3 - Etapas de preparação dos materiais plásticos e compósitos.

### Processo de trituração

O processo de trituração é realizado através de um destroçador que transforma os plásticos e papéis, conferindo-lhes uma volumetria aproximada de  $2\text{cm}^3$ . Este equipamento tem uma capacidade de 2 toneladas por hora.

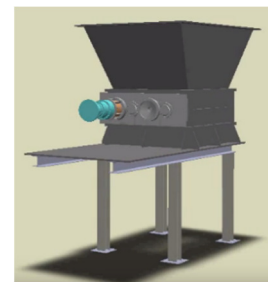


Figura 4- Destroçador

### Processo de moagem

O processo de moagem é realizado através de um moinho que transforma os plásticos e papéis num volume aproximado entre  $2.5$  até  $4\text{mm}^3$ . Cada moinho processa 1 Ton/hora, totalizando 6 toneladas/hora no conjunto dos equipamentos.

### Separação por densidade

A separação por densidade é realizada através de um densímetro que, através da densidade da água separa o material por 4 densidade diferentes. Os separadores de densidade têm assim uma capacidade horária que permite separar 6 toneladas de plásticos.

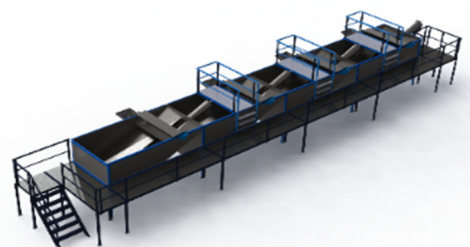


Figura 5- Separador de densidade

### Silos Intermédios

Os silos intermédios existem para garantir a armazenagem dos produtos intermédios a montante do processo de separação de metais, da lavagem e da secagem. Existem 4 silos intermédios, em coerência com as densidades de separação dos plásticos.

### Separação dos Metais

A separação dos metais é feita a fim de garantir que não exista metais (ferrosos e não ferrosos) nos silos, bem como, nas misturas. Este processo é realizado através de um sistema de vibração e magnetização.

### Lavagem e secagem

Todos os produtos são devidamente tratados com exceção das matérias virgens e madeiras. A unidade fabril conta com 4 equipamentos de lavagem e secagem.

Por fim, para garantir que os produtos não tenham humidade são secos através de secadores, sendo a sua temperatura ajustada em função do produto.

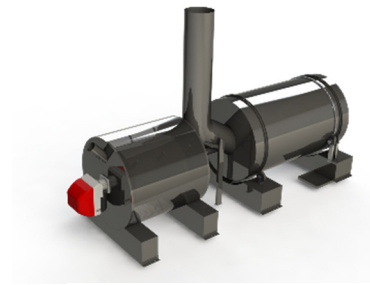


Figura 6- Máquina de lavagem e secagem

### Para o mobiliário:

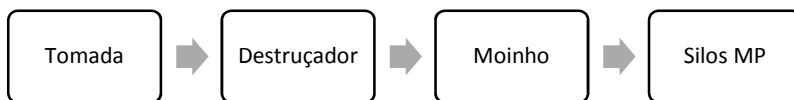


Figura 7 - Tratamento matérias-primas (Mobiliário)

### Processo de trituração

O processo de trituração é realizado através de um destroçador que transforma os plásticos e papéis numa volumetria aproximada de  $2\text{cm}^3$ . Este processo é semelhante ao processo de trituração anterior e as capacidades são exatamente as mesmas.

### Processo de moagem

O processo de moagem é realizado através de um moinho que transforma os plásticos e papéis num volume entre 5 e 7  $\text{mm}^3$ . O processo de moagem é feito através de um único moinho com a capacidade de 1 Ton/hora.

### Para os resíduos das construções:

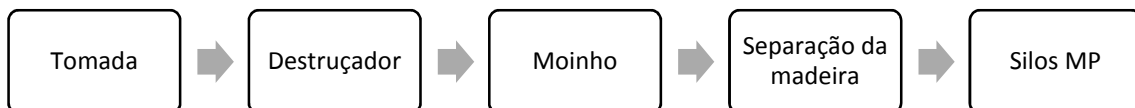


Figura 8 - Tratamento das matérias primas (Construção)

### **Processo de trituração**

O processo de trituração é realizado através de um destroçador que transforma os plásticos e papeis numa volumetria aproximada de 2cm<sup>3</sup>.

### **Processo de moagem**

O processo de moagem é realizado através de um moinho que transforma os plásticos e papeis num volume aproximada de 10 mm<sup>3</sup>.

### **Separação de madeira**

A separação da madeira dos resíduos da construção é feita através de um processa de micronização, ou seja, o produto é sujeito a uma moagem muito fina com auxílio de ar comprimido.

## **4.1.3 ZONA 3 – Preparação das matérias virgens**

As matérias-primas virgens, como o nome indica estão prontas para o seu armazenamento, ou seja, quando chegam a tomada de descarga são diretamente armazenados no silo apropriado seja por um camião tanque pressurizado ou com báscula.



*Figura 9 - Preparação de matérias virgem*

### **Dosagem ou composição de fórmulas**

A receita processa-se conforme a mistura selecionada, existe 2 misturador que segundo a mistura desejada, fazem a mistura e enchem o silo próprio. A mistura pode levar cada uma das matérias-primas.

### Processo de mistura

Cada misturador têm uma capacidade de mistura 2,7ton em 1 hora, ou seja, a cada hora que passe o misturador enche o silo com a mistura e prepara-se para nova mistura.

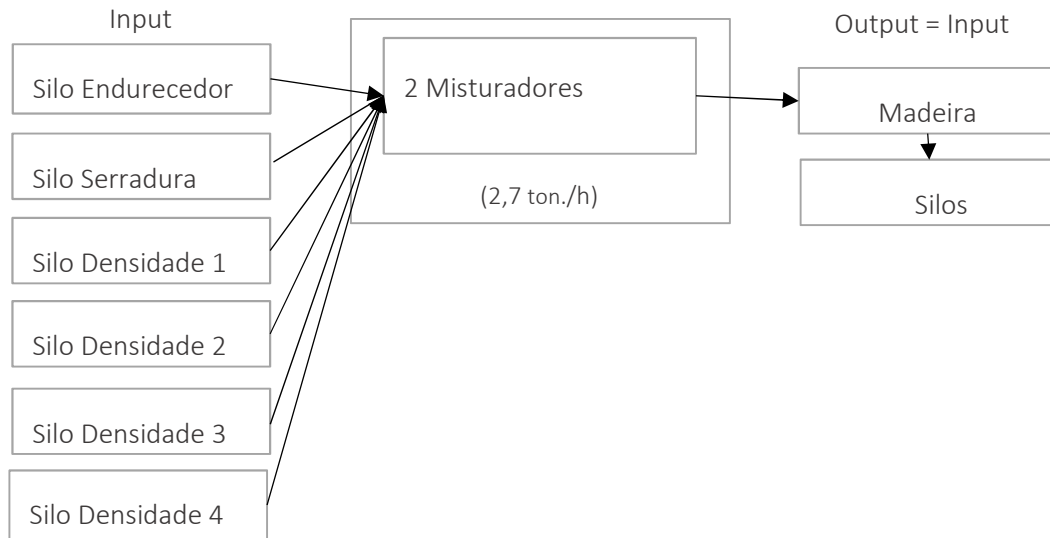


Figura 10 - Processo de mistura

#### 4.1.4 ZONA 4 – Extrusão / produção de produto

A produção do produto é feita através de 12 extrusoras, cada uma delas pode receber uma feira que lhe permite obter a forma desejada. Neste processo a extrusora é alimentada com mistura desejada e é assim é feito a extrusão do produto desejado.

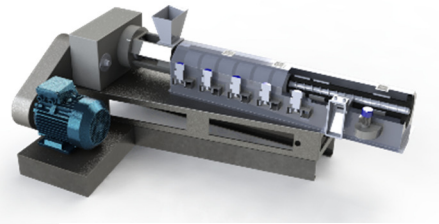
O produto poderá sair em barrote quadrado ou redondo (estaca) ou em tábua. No final da extrusão é feito o arrefecimento e corte do produto nas medidas desejadas através de corte por via de serra.



Figura 11 - Extrusão

### **Extrusão**

A extrusão do material é feita por via de extrusão, ou seja, o produto cai num funil que alimenta uma camara que é aquecida por via de resistência e faz com que o produto liquidifica formando assim o produto que chegado ao fim da extrusão começa a ficar rígido. Cada extrusora têm a capacidade de extrusão de  $0,52\text{m}^3/\text{h}$ . A unidade fabril está equipada com 2 linhas de extrusão e respetivos arrefecimentos e corte.



*Figura 12- Extrusora*

### **Arrefecimento**

Após a saída a boca da extrusora/fieira é necessário arrefecer o material para que este fique rígido. Este processo é feito através de água, isto é, o material conforme anda pelos vários compartimentos é pulverizado com água a uma temperatura aproxima de  $8^{\circ}\text{C}$ .



*Figura 13- Sistema de arrefecimento*

### **Corte**

O puxo e corte é responsável por ajudar a extrusora a extrudir a uma velocidade constante e sem esforço. A máquina ajuda a puxar o material e conforme chega a medida desejada é feito o corte ao produto.



*Figura 14 - Máquina de corte*

### **Paletização**

Após o corte é necessário transportar o material para o pavilhão anexo, para isso é palatizado o material que após ter concluído uma paleta segue para o pavilhão através de uma navete.



*Figura 15 - Paletizador*

#### 4.1.5 ZONA 5 – Produção de paletes

Na zona de produção de paletes existe 2 linhas automáticas alimentadas com tábuas e cubos de produto final, bem como pregos. Cada linha deverá produzir cerca de 160 paletes hora. Sendo assim para cada paleta é necessário:

- 9 Cubos de 145\*100\*78mm;
- 4 Tábuas de 145\*1200\*22mm;
- 4 Tábuas de 100\*1200\*22mm;
- 3 Tábuas de 800\*145\*22mm;

As dimensões das paletes são conforme a EUR-EPAL;

##### Processo de montagem de paletes

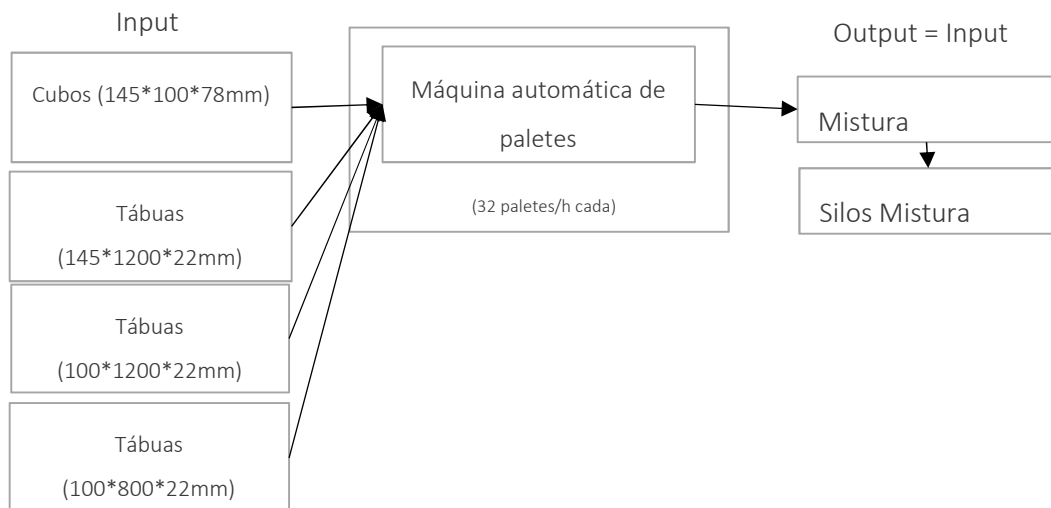


Figura 16- Processo de fabrico de paletes

#### 4.1.6 ZONA 7 – Produção de estacas

##### Máquina afiadeira:

Esta máquina é responsável por fazer afiar as estacas formando assim um bico para que esta seja depois utilizada nas vedações.

## **4.2 Análise do processo de produção**

O processo produtivo da organização é complexo, pois a matéria-prima provém de outras entidades que poderão não controlar as matérias-primas que têm disponível, que é o caso da recolha de resíduos e sua composição. A diversidade de matéria-prima em cada descarga não é controlada diretamente pela organização e cada descarga pode aumentar ou não reabastecer uma dada matéria-prima. Neste caso a organização deve fazer um controlo de entradas de cada matéria-prima necessária em cada momento.

Além da gestão eficiente de chegada de matérias-primas é necessário olha de forma crítica e controlada de todo o processo de tratamento e preparação da matéria-prima, que apesar de semelhante têm tratamento diferente e está sujeita a capacidade máxima das instalações.

Um dos fatores que poderá ser crítico é a existência de várias formas de apresentar o produto e esse mesmo produto ser feito com diferentes misturas de matérias-primas, oferecendo uma enorme possibilidade de produtos em várias misturas. Estes fatores levam a uma elevada complexidade e conseqüentemente a uma dificuldade no planeamento de produção face a alteração de mistura ou produtos a ser produzidos.

# CAPÍTULO V – PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma descrição do *layout* e operação programada com todos os passos necessários para a produção de produtos, apresentando o modelo de planeamento desenvolvido e por fim uma breve descrição das tecnologias e ferramentas utilizada na computação do modelo.

## 5.1 *Layout* e operação programada

No decurso da realização deste projeto, a organização de acolhimento ainda não tinha instalado o equipamento produtivo integrante do *layout* industrial. Foi opção da organização montar uma unidade piloto e realizar um conjunto de testes que lhe permitissem aprofundar questões relacionadas com as características operacionais das diferentes etapas de fabrico do produto final, *WasteMix*.

Importa notar que, que a organização é pioneira na proposta do processo produtivo. A inexistência de instalações industriais similares e a escassa informação disponível, tornaram imperativa a construção da unidade piloto e a realização de testes que permitissem monitorizar e aferir parâmetros operacionais importantes para afinação das condições operacionais dos equipamentos e, simultaneamente, servirem de suporte à simulação da unidade industrial. É com base na unidade piloto que a Organização começa a identificar alguns problemas que poderão ocorrer na passagem desta escala à escala industrial.

Por outro lado, a dependência dos mercados externos e o facto de se tratar de um processo de produção contínuo, são atributos que acrescentam complexidade ao planeamento operacional e, conseqüentemente, à gestão da organização. De facto, a organização tem que investir num controlo rigoroso tanto dos inputs, isto é, das matérias-primas que chegam do exterior, como dos seus outputs ou seja, da satisfação dos clientes e das suas encomendas.

É necessário existir um equilíbrio entre compras, stock e produção para evitar quebras ou mesmo paragens na operação dos equipamentos e subseqüentes restrições produtivas. A título de exemplo, neste processo a rotura de stock de um componente da mistura obriga à paragem de uma ou várias linhas produtivas ou, até mesmo, à paragem completa de todas as linhas de produção.

Por outro lado, o controlo de entradas e saídas do processo, ou seja, a receção de matérias-primas e a expedição de produtos finais, exige quer a gestão contínua das compras e das condições de abastecimento das mesmas, quer a organização das vendas, gestão da carteira de clientes e condições de expedição (i.e. prazos, quantidades, carteira de produtos).

O modelo de planeamento proposto pretende precisamente servir de suporte à decisão, neste contexto, partindo da representação do processo de fabrico dos produtos e das condições operacionais que caracterizam as suas etapas operacionais.

## 5.2 Modelo de Planeamento

A proposta de planeamento da unidade produtiva foi conduzida quer para o nível tático, quer operacional.

O horizonte de planeamento é modelado utilizando uma representação discreta do tempo. Esta considera como unidade discreta de tempo a semana, para o planeamento tático, e o turno de operação (i.e. 8 horas de operação), para o planeamento operacional. O horizonte de tempo no planeamento tático é de 24 semanas ou seja, cerca de 6 meses, sendo assim  $t=0, \dots, HT$ , com  $HT=24$ . No planeamento operacional modela-se o planeamento semanal ou seja,  $t=0, \dots, HO$ , sendo  $HO$  o número total de turnos semanais. A ligação entre os dois níveis de planeamento torna-se desta forma de fácil implementação uma vez que cada unidade de tempo discreto do modelo tático terá uma correspondência a um período de planeamento operacional.

Para melhor compreensão da proposta desenvolvida, apresenta-se em seguida uma ilustração sumária das etapas do processo, identificando-se a forma como as mesmas são representadas no modelo. Nesta sequência, são então indicadas as principais considerações efetuadas quer relativamente à representação proposta quer às condições operacionais consideradas.

Efetuada a caracterização e identificados os pressupostos assumidos, passa-se à apresentação e desenvolvimento do modelo de planeamento operacional.

- **Etapas do processo e representação no modelo de planeamento**

No capítulo 4 apresentou-se uma descrição detalhada do processo e das suas diferentes etapas produtivas. Foi ainda caracterizada as várias operações integrantes do processo e os

equipamentos em que as mesmas podem realizar-se. Desta forma, as ilustrações que se seguem têm por objetivo estabelecer a ligação entre as atividades industriais e a sua representação no modelo de planeamento.

Comecemos então por caracterizar as principais entidades do modelo e definir a sua representação. O conceito de:

- tarefa  $i$  é utilizado para representar uma operação executada num dado equipamento,  $j$ . A realização da mesma operação num outro equipamento é representada por uma tarefa distinta, ou seja, é única a relação entre tarefa, operação e equipamento (Amaro & Barbosa-Póvoa, 2008).

Cria-se desta forma um conjunto de  $NI$  tarefas para representar as diferentes operações produtivas e a sua ligação aos equipamentos onde é exequível (admissível) a sua realização ou seja,  $i=1, \dots, NI$  tarefas. Cada tarefa tem ainda um conjunto determinado de materiais que alimentam a sua execução (Inputs, de  $i$ ) e gera um conjunto específico de produtos (Outputs, de  $i$ ).

- estados  $s$ , representam um material, numa dada localização. Assim, diferentes materiais, numa mesma localização, representam diferentes estados e, o mesmo material, em localizações diversas, representa também diferentes estados (Amaro & Barbosa-Póvoa, 2008).

A execução de cada tarefa envolve a caracterização da operação e do equipamento em que a mesma ocorre. Assim, neste processo a generalidade das operações são consideradas semi-contínuas pelo facto de operarem em modo contínuo durante intervalos pré-definidos de tempo, ao cabo dos quais se inicializa novo ciclo de operação. O output destas operações é definido em coerência com as taxas ou rácios operativos estabelecidos para cada equipamento.

Uma vez que cada unidade discreta de tempo tem uma correspondência horária, a obtenção das capacidades dos equipamentos  $CE_j$ , com  $j=1, \dots, NJ$  equipamentos, não exige a formulação de pressupostos, obtém-se diretamente fazendo, para qualquer equipamento  $j=1, NJ$ :  $CE_j = TO_j \cdot \Delta t$ , onde  $\Delta t$  é o equivalente horário da unidade discreta de tempo. A título de exemplo, um equipamento, seja  $j=1$ , com uma Taxa Operativa ( $TO_1$ ) de 1 Ton/h, é descrito no planeamento operacional ( $t= 1, \dots, HO$ , em que a unidade de tempo é o turno,  $\Delta t= 8$  h) por uma capacidade  $CE_1$ , de 8 Ton/turno.

Ilustra-se em seguida (figuras 17 a 18) as diferentes tarefas consideradas na representação das diversas etapas do processo e os materiais que definem os estados de input e de output de cada tarefa.

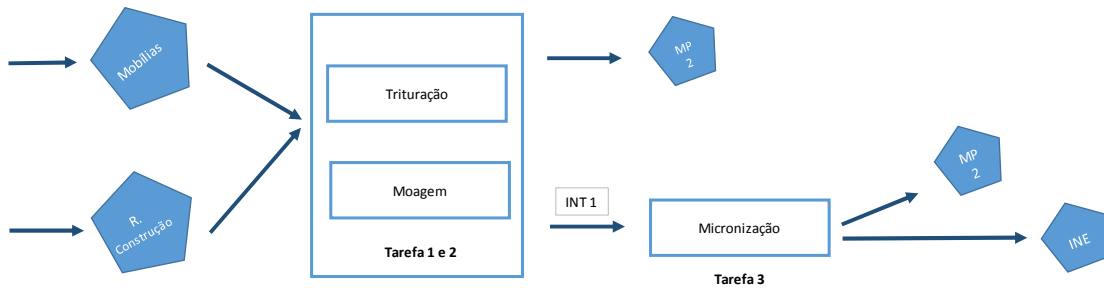


Figura 17- Etapa de preparação de matérias virgens

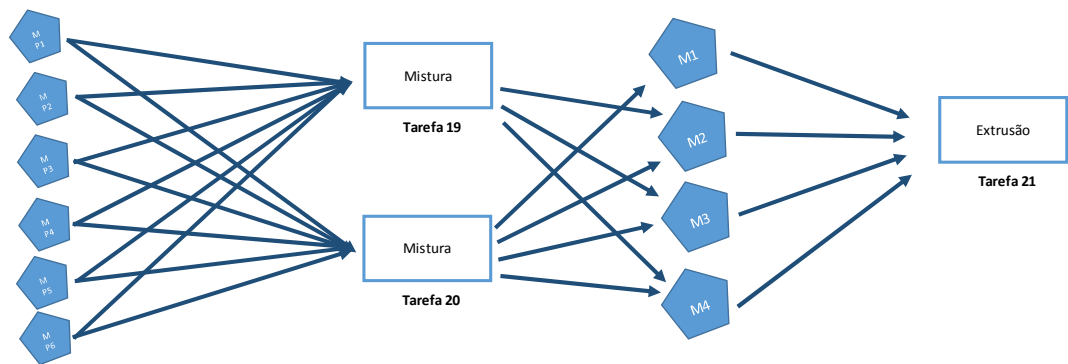


Figura 18 - Etapa de mistura

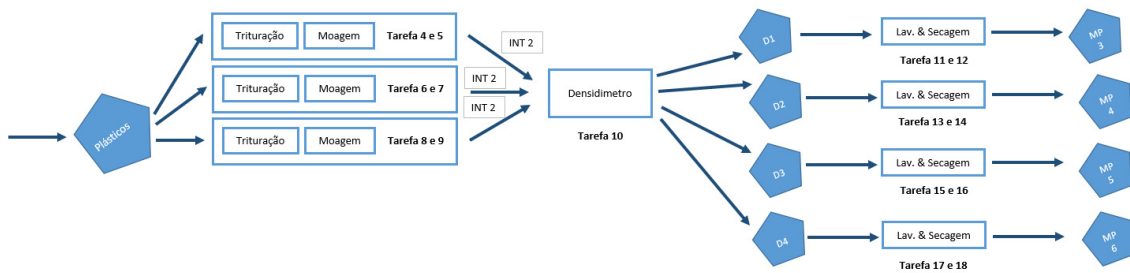


Figura 19 - Etapa de preparação matérias-primas

A representação envolve assim, para qualquer dos níveis de planeamento, um total de 25 tarefas.

- **Pressupostos e considerações assumidas *a priori***

Consideram-se os seguintes pressupostos:

- 1) Qualquer tarefa uma vez iniciada no equipamento  $j$ , não é interrompida até à sua completa conclusão;
- 2) Os eventos decorrem nos intervalos de tempo de planeamento, afetando-se a sua ocorrência às fronteiras de cada intervalo ou seja, aos valores discretos de  $t$ ;
- 3) As tarefas integrantes de uma mesma etapa de processamento ocorrem sequencialmente, sem interrupção;
- 4) A transferência entre etapas do processo é considerada instantânea ou seja, de tempo de transferência é desprezável, relativamente ao tempo de operação das tarefas.

Estão então reunidas condições para o desenvolvimento do modelo de planeamento tático e operacional.

- **Formulação do modelo de planeamento**

O modelo proposto é uma formulação matemática de programação linear inteira mista (PLIM). A formulação é aplicada a ambos os horizontes de planeamento (6 meses, no tático e 1 semana no operacional) com os adequados ajustamentos da unidade de tempo e demais parametrização.

### **Nomenclatura**

#### **Índices**

$i = 1, \dots, NI$  - tarefas;

$j = 1, \dots, NJ$  - Equipamento;

$s = 1, \dots, NS$  - Estados de Material;

$t = 1, \dots, |T|$  - Período de tempo de planeamento, em unidades discretas.

## Conjuntos

$$I = \{ i \text{ tarefas que integram o processo} \}$$

$$IJ_j = \{ i \in I: \text{ a tarefa } i \text{ é exequível em } j \}$$

$$J = \{ j: \text{ equipamentos que integram o processo} \}$$

$$S = \{ s: \text{ estados de material envolvidos no processo} \}$$

$$S_i^{in} / S_i^{out} = \{ s \in S: \text{ o estado } s \text{ é input / output da tarefa } i \}$$

$$IS_s^{in} / IS_s^{out} = \{ i \in I: \text{ a tarefa } i \text{ produz/consome o estado de material } s \}$$

## Variáveis Inteiras e Contínuas

$Q_{it}$  = quantidade processada pela tarefa  $i$  no tempo  $t$ ;

$R_{st}$  = quantidade de material rececionada para o estado  $s$  no tempo  $t$ ;

$S_{st}$  = quantidade expedida de material no estado  $s$  no tempo  $t$ ;

$E_{st}$  = quantidade de material disponível (existências) no estado  $s$  no tempo  $t$ .

Estas variáveis são definidas com condição de integralidade para todos os estados  $s$  que respeitam a produtos finais. Para os demais estados não é imposta condição de integralidade.

## Variáveis binárias

$$Y_{it} = \begin{cases} 1 & \text{se a tarefa } i \text{ é executada em } t \\ 0 & \text{restantes casos} \end{cases}$$

## Parâmetros de tempo e Capacidade

$\bar{C}_j (\underline{C}_j)$  = capacidade máxima(mínima) de operação do equipamento  $j$  (taxa ou rácio de operação, em massa ou volume por unidade de tempo);

$C_{is}^p$  = coeficiente de *produção* de estado  $s$  pela tarefa  $i$ ;

$C_{is}^c$  = coeficiente de *consumo* de estado  $s$  pela tarefa  $i$ .

Definida a notação, está-se em condições de apresentar a formulação matemática para o modelo de planeamento.

### **Função Objetivo**

Avaliar as condições de dependência externa (no abastecimento ou seja, relativamente aos fornecedores de matéria-prima e na expedição) em condições de plena laboração dos equipamentos, é um dos propósitos relevantes para a Organização. Assim, entendeu-se adequado adotar o desempenho operacional representado pelos níveis de produção de cada tarefa, como objetivo de otimização. Dada a natureza da variável escolhida o critério será maximizar as produções de todas as tarefas, em todo o horizonte de planeamento. Tem-se pois:

$$\mathbf{max} z : z = \sum_{t=1}^H \sum_{i=1}^{NI} Q_{it}$$

Este objetivo está então sujeito a um conjunto de restrições que traduzem as condicionantes operacionais das diferentes tarefas e estados materiais envolvidos no processo. Tem-se então:

$$\mathbf{R.1} \quad \sum_{i \in II_j} Y_{it} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, NJ, \forall t$$

O conjunto das  $NJ \times H$  restrições descritas pelas inequações R.1 traduzem a impossibilidade de ocorrer a afetação de mais que uma tarefa  $i$ , no conjunto de tarefas exequível em  $j$  ( $II_j$  verificado para todas as unidades  $j$ ), num determinado tempo  $t$ . São precisamente estas condições que asseguram a unicidade de atribuição dos equipamentos às tarefas, em cada intervalo de tempo do horizonte de planeamento.

A título de exemplo, admita-se que as tarefas 5 e 6 ( $i=5$  e  $i=6$ ) correspondem às duas únicas operações definidas no equipamento 1. Neste caso as restrições R.1 traduzem:

$$Y_{5t} + Y_{6t} \leq 1 \quad j = 1, \forall t$$

evidenciando que, em qualquer intervalo de tempo  $t$ , apenas uma das tarefas poderá operar ou seja, ocorrer no equipamento.

$$\mathbf{R.2} \quad Y_{it} \underline{C}_j \leq Q_{it} \leq Y_{it} \overline{C}_j \quad \forall j = 1, \dots, NJ, i \in II_j, \forall t$$

O conjunto de restrições R.2 estabelecem limites de produção, superior e inferior, definidos pelas características operacionais dos equipamentos  $j$ , para cada uma tarefas  $i$  que nele podem ocorrer ( $i \in J_j$ ).

Assim, nos intervalos de tempo de inatividade da tarefa, a variável binária ( $Y_{it} = 0$ ) assegura que nenhuma produção ocorre a partir da tarefa  $i$ . Por outro lado, quando a tarefa  $i$  está em execução em determinado intervalo de tempo  $t$  ( $Y_{it} = 1$ ), a quantidade processada em  $i$  situa-se entre o mínimo de  $\underline{C}_j$  unidades e um máximo de  $\bar{C}_j$  unidades. A imposição de um limite inferior não nulo ( $\underline{C}_j \neq 0$ ) impedirá situações de execução da tarefa  $i$ , correspondentes a valores que validam a condição, tendo contudo uma escassa representatividade industrial.

Retomando o exemplo das tarefas 5 e 6 ( $i=5$  e  $i=6$ ), as restrições R.2 representarão então:

$$\begin{aligned}
 & j = 1, i \in \{i : i = 5, 6\}, \forall t \\
 & Y_{5t} \underline{C}_1 \leq Q_{5t} \leq Y_{5t} \bar{C}_1 \quad j = 1, i = 5, \forall t \\
 & Y_{6t} \underline{C}_1 \leq Q_{6t} \leq Y_{6t} \bar{C}_1 \quad j = 1, i = 6, \forall t
 \end{aligned}$$

indicando que as tarefas 5 e 6 têm limites de produção definidos pela capacidade do equipamento  $[\underline{C}_1, \bar{C}_1]$  em que são exequíveis ( $j=1$ , neste caso).

### R.3

$$E_{st} = E_{st-1} + \sum_{i \in IS_s^{out}} C_{is}^P Q_{it} - \sum_{i \in IS_s^{in}} C_{is}^C Q_{it} - S_{st} + R_{st} \quad \forall s, \forall t = 1, \dots, H + 1$$

As igualdades definidas em R.3 representam o balanço material implementado sobre todos os estados  $s$ , em qualquer dos intervalos de tempo  $t$ , do horizonte de planeamento. Assim, o primeiro somatório integra as quantidades produzidas para o estado  $s$ , por todas as tarefas que têm  $s$  como output operacional. A quantidade processada por cada tarefa  $i$  para o estado  $s$ , é definida com base na ponderação  $C_{is}^P$  que traduz a relação de produção (i.e. o “recepe” ou formulação da operação).

De igual modo, o segundo somatório integra as quantidades consumidas de estado  $s$ , por todas as tarefas que têm  $s$  como *input* operacional. A quantidade estado  $s$  consumida por cada

tarefa  $i$ , é definida com base na ponderação  $C_{is}^P$  de acordo com a formulação da operação. Por último, são adicionadas as entradas de material vindas do exterior (ou seja, que não resultam da atividade das tarefas) e subtraída a quantidade expedida de material no estado  $s$ . As parcelas de receção do exterior têm valor não nulo apenas para as matérias-primas e as parcelas de expedição não nulas ocorrem apenas para os produtos finais.

$$\text{R.4} \quad \sum_{i \in IS_s^{IN}} C_{is}^C Q_{it} \leq E_{st-1} \quad \forall s, \forall t = 1, \dots, H$$

As restrições R.4 definem que as tarefas que consomem estado de material  $s$  ( $i \in IS_s^{IN}$ ), não podem processar quantidades superiores, na sua totalidade, à quantidade de material  $s$  disponível no início do intervalo de tempo  $t$  ou seja, em  $t-1$ .

$$\text{R.5} \quad S_{st}^{Min} \leq S_{st} \leq S_{st}^{Max} \quad \forall s \in S^{PF}, \forall t$$

A quantidade expedida de cada estado de material  $s$  é delimitada quantidades mínimas e máximas que dependem do material considerado. Este conjunto de condições R.5 representa as características de expedição dos produtos finais, podendo considerar apenas um dos limites de operação, dependendo das características de entrega ao cliente.

$$\text{R.6} \quad R_{st}^{Min} \leq R_{st} \leq R_{st}^{Max} \quad \forall s \in S^{MP}, \forall t$$

A quantidade rececionada de cada estado de material  $s$  obedece a limites de capacidade de receção (quantidades máximas) e de viabilidade dos abastecimentos (quantidades mínimas). As condições R.6 representam pois as características de receção das matérias-primas, podendo ainda considerar apenas um dos limites de receção, de acordo com as características de abastecimento do fornecedor.

$$\text{R.7} \quad Q_{i=pal\ t} \leq Q_{i' \ t} \quad \forall i' \in I_{pal}, \forall t$$

O conjunto de restrições R.6 estabelecem limites superiores de produção para as tarefas dedicadas ao fabrico de paletes ( $i=pal$ ). Estas condições determinam que o fabrico de paletes

(combinado de produtos finais como quadrado e tábuas de vários tipos) é condicionado pelas tarefas de fabrico dos produtos finais envolvidos na sua produção. Assim, de entre essas tarefas ( $i \in I_{pal}$ ), será a de menor taxa produtiva que limitará o fabrico das paletes.

### Condições iniciais

$Y_{i0} = 0$  não existem ocorrências anteriores ao primeiro período de planeamento;

$Q_{i0} = 0$  não existe produção em tempo anterior ao primeiro período de planeamento;

$E_{s,0} = E_s^0$  no início do horizonte de planeamento há uma quantidade  $E_s^0$  de existências para cada um dos  $s$  estados de material;

$S_{s,0} = S_s^0 = 0$  no início do horizonte de planeamento não há expedição de qualquer material  $s$ ;

$S_{s,0} = S_s^0 = 0$  no início do horizonte de planeamento não há expedição de qualquer material  $s$ ;

## **5.3 Algoritmos de Resolução e Monitorização de Resultados**

A formulação do modelo aplicado em Excel foi uma escolha estratégica para o desenvolvimento deste projeto. As condições impostas eram evitar qualquer custo com a aplicação da plataforma e manutenção da plataforma e sua realização. A escolha reverteu numa ferramenta já conhecida por parte dos gestores com grande potencial para este tipo de problema aplicada a gestão.

A razão principal para o uso do Excel é o facto de ser conhecido por todos e de ser de fácil uso para qualquer pessoa que necessita destes dados. Além deste facto o é uma ferramenta que permite a ligação a dados externos como dados em real-time da produção.

Para a resolução do modelo formulado anteriormente usei outro solver que não o do Excel, visto que o solver base do Excel não resolve problemas com a dimensão da minha formulação, usou-se um add-in em Excel VBA, o *OpenSolver* desenvolvido e mantido por Andrew Mason e estudantes do departamento de *Engineering Science* da Universidade de Auckland da Nova Zelândia.

Para apresentação dos dados tratados optei por usar ferramentas do Excel, nomeadamente a função de *Dashboard*, para que os dados usados na formulação apareçam de forma clara para quem for usar a plataforma sem a necessidade de interpretação dos dados obtidos pela formulação, pois os dados são recolhidos e tratados de forma simples e concreta.

# CAPÍTULO VI – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à apresentação dos resultados obtidos com base na resolução da formulação de planeamento proposta para o nível tático e operacional (capítulo V). A aplicação do modelo foi desenvolvida com base na informação disponível para a escala piloto, considerando-se nesta a operação parcial da etapa de extrusão, ou seja, 5 das 12 linhas projetadas no *layout* industrial.

No que respeita à modelação do horizonte de planeamento foram consideradas unidades discretas de tempo. No modelo tático cada unidade de tempo representa uma semana de operação, num total de 24 semanas (i.e. 6 meses de operação) e o modelo operacional compreende um período global de uma semana.

Em termos de apreciação dos resultados, ilustram-se previamente as soluções ótimas para alguns cenários operacionais de planeamento tático.

Considerada a importância de consolidação dos resultados entre as duas propostas de planeamento, selecionou-se a informação relativa a 1 semana de planeamento tático e executou-se o modelo operacional para essa semana. Esta análise permitirá assim concluir do impacto da integração de detalhes operacionais ao nível das soluções de planeamento.

Por último, apresenta-se a proposta de *dashboard* desenvolvido em Microsoft Excel e ilustram-se algumas das suas valências para efeitos de controlo e gestão dos indicadores de produção.

## 6.1 Planeamento Tático

O planeamento da produção a médio prazo ou também denominado planeamento tático, fornece a ligação básica entre as decisões decorrentes dos planos estratégicos (abrangendo vários anos) e a sua concretização em períodos operacionais de duração dita intermédia. Este tipo de planeamento cobre, em geral, períodos de operação com durações entre os 6 meses e um ano de atividade (Davis, *et al* 2001).

O planeamento tático foi configurado para um intervalo de 6 meses, isto é, 24 semanas, sendo a unidade discreta de tempo a semana. O modelo foi desenvolvido para uma unidade piloto e é nessa base que foi definido, ou seja, com apenas 5 linhas de produto final.

As restrições do modelo têm a duração de 1 semana e stock possíveis para essa mesma semana. Com base nos dados previstos foram realizados diversos testes de forma a validar o modelo matemático, analisando vários cenários possíveis, desde existência de stock, falta de fornecimento de matérias-primas e definição de valores de saída (procuras).

### Cenário 1 - Planeamento tático com mínimos de matérias-primas e mistura e sem restrição na saída de produtos

Num primeiro cenário de operação considerou-se o arranque da unidade, isto é, o início da atividade fabril em que num cenário real seria processado por zonas, neste caso optou-se por dar ao modelo alguns *inputs*. Neste cenário existem matérias-primas por tratar (quantidade expectável receber numa semana) e há ainda existências iniciais de 10 000Kg de cada matéria-prima tratada e de cada uma das misturas.

Neste cenário, verificamos que o solver consegue alcançar a solução ótima (desvio nulo, Gap 0.00), em 608 iterações e para um tempo de 3,45 segundos de CPU (Intel® Core™ i7-4710HQ CPU @ 2.50GHz.).

## Produção de produtos

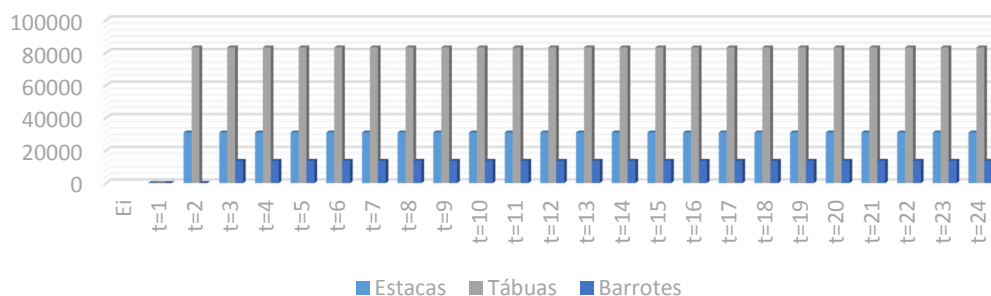


Figura 20- Produção de produtos cenário 1

Os resultados obtidos com o modelo ótimo de planeamento, figura 20, mostram que o modelo sem restrições de saídas, irá optar por produzir tábuas em 1º lugar, seguido de estacas e barrotes. Este comportamento deve-se ao facto de a quantidade de mistura necessária para o fabrico das tábuas ser menor que a dos restantes produtos.

Em relação às paletes, observa-se uma produção nula, conforme a figura 21, porém são produzidos, no final do planejamento, alguns produtos necessários à confecção de paletes.

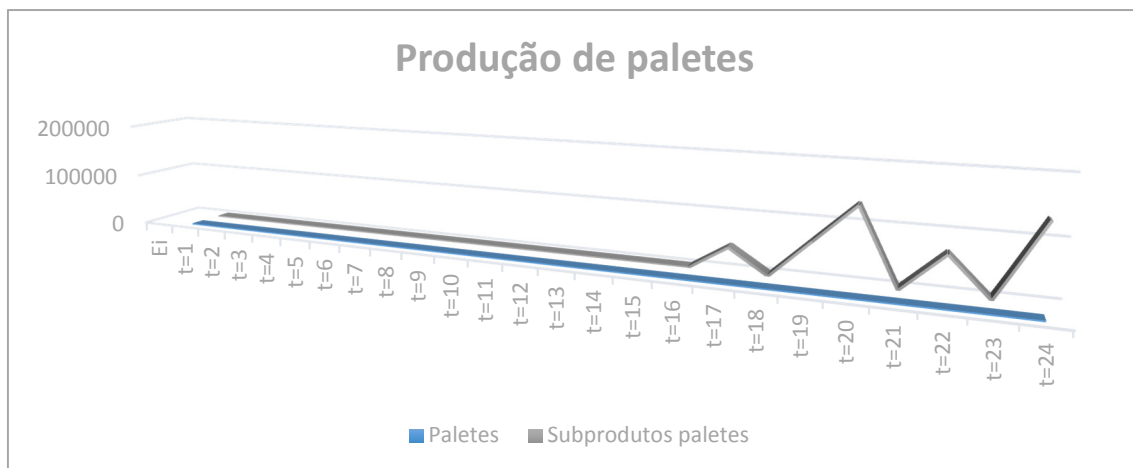


Figura 21- Produção de paletes

Ainda constatamos que não existe produção de produtos na 1ª semana, pois o modelo não consegue produzir e garantir todas as restrições seja elas de quantidades mínimas ou de operação mínima de um qualquer equipamento.

### Cenário 2 - Planejamento ciclo normal com encomendas simuladas de produto pelos clientes e saída fixa de paletes.

Neste cenário de operação considerou-se de forma aleatória, mas possível de ser respondido pelo modelo, as existências iniciais matérias-primas e misturas. Optou ainda por considerar saídas de vários produtos de *WasteMix*, acrescidas de uma saída fixa de paletes (700 unidades) semanal.

Neste caso, verificamos que o solver consegue alcançar a solução ótima (Gap 0.00), em 9377 iterações e para um tempo de 16,01 segundos de CPU (Intel® Core™ i7-4710HQ CPU @ 2.50GHz).

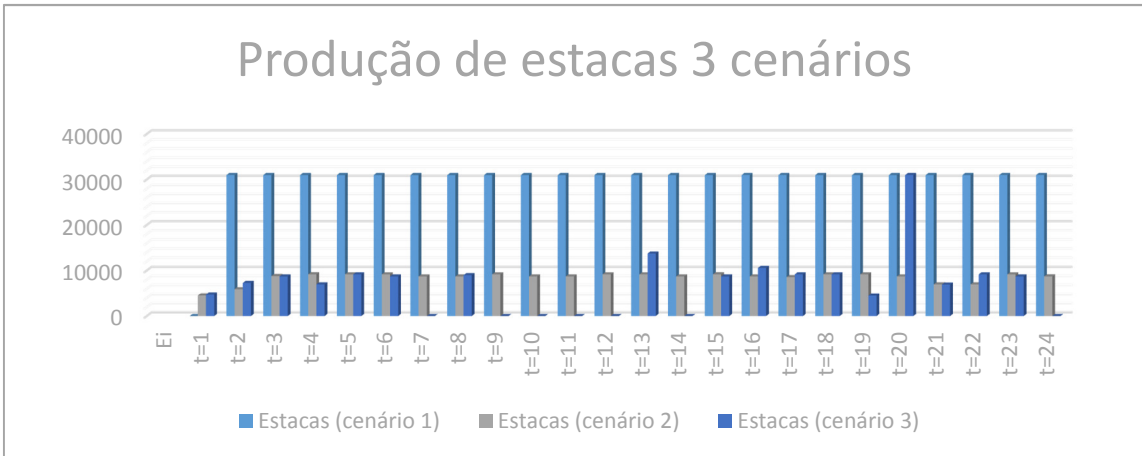


Figura 22 - Produção de estacas 3 cenários

Os resultados obtidos com o modelo ótimo de planeamento, na figura 22, mostram que o modelo chega assim a uma solução ótima e podemos constatar que além de responder aos valores das saídas dos vários produtos, o modelo face às restrições diminui, comparativamente com o caso anterior, o número de estacas produzidas. Relativamente às tábuas, podemos ver na figura abaixo, figura 23, que tal como as estacas existe uma clara diminuição da sua produção.

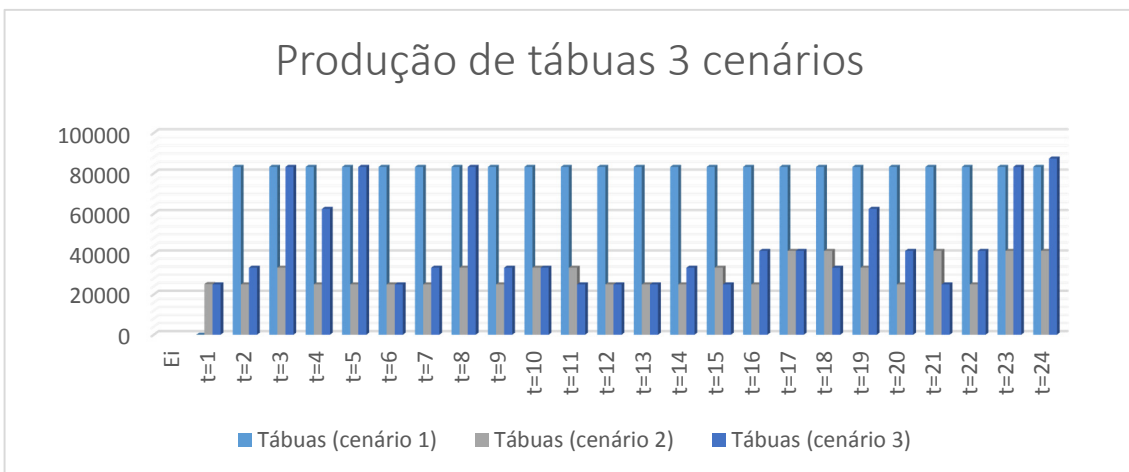


Figura 23 - Produção de Tábuas nos 3 cenários

Por fim, os barretes apresentam no início do planeamento uma produção superior face ao 1º cenário. Porém, esse comportamento só se mantém nas primeiras duas semanas, nas restantes, tal como os outros produtos regista uma clara diminuição, como é visível na figura 24.

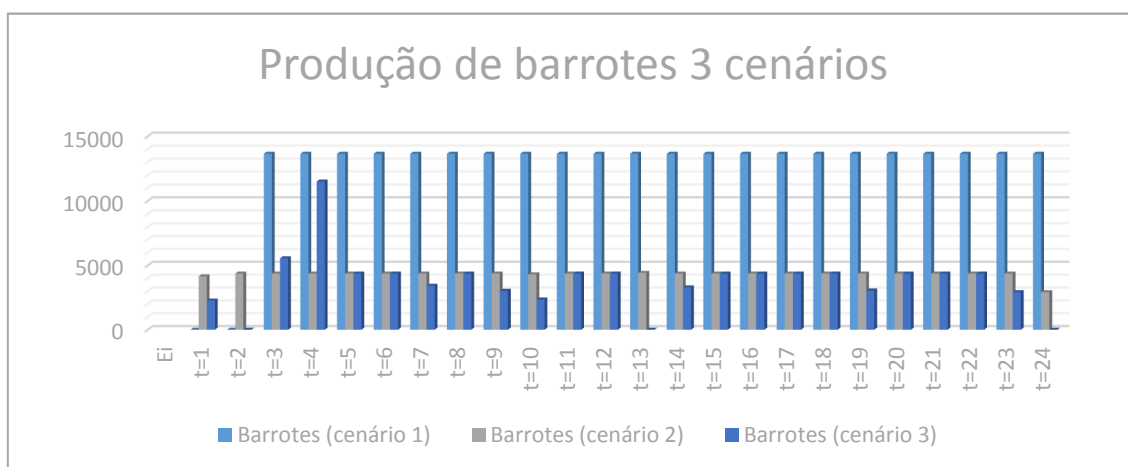


Figura 24- Produção de barretes nos 3 cenários

Na produção de paletes e graças à condição de saída imposta a este produto (principal produto a que a empresa quer dar destaque nas suas vendas), regista-se neste cenário uma produção variável face ao tempo como é representado na figura 25.

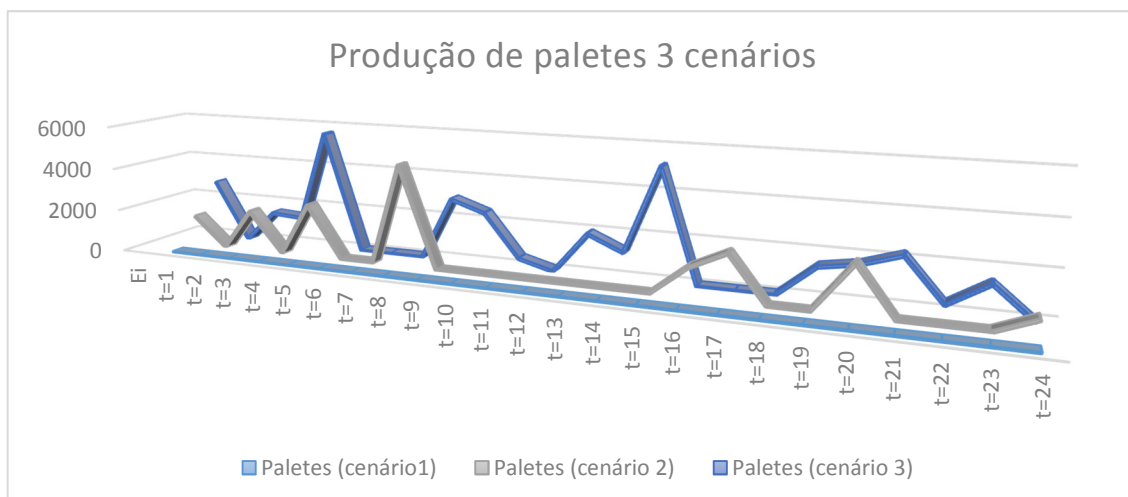


Figura 25- Produção de paletes nos 3 cenários

Vemos que a produção de paletes é executada sem existir uma necessidade constante de produção, o que leva a concluir que o objetivo semanal de paletes é inferior à capacidade da unidade.

### **Cenário 3- Planeamento tático com quebra de chegada de matérias-primas**

Neste cenário de operação considerou-se os mesmos dados de partida do cenário 2, alterando apenas 2 aspetos. O primeiro é a falta de fornecimento na semana 8 e o aumento da produção de paletes de 700 para 1400 paletes por semana. Este cenário simula uma quebra de fornecimento que pode ser justificada pela perda de um fornecedor, greve ou outro fator.

Neste cenário, verificamos que o solver consegue alcançar a solução ótima em 32258 iterações e para um tempo de 30,71 segundos de CPU (Intel® Core™ i7-4710HQ CPU @ 2.50GHz).

É notório que neste cenário os dados obtidos são mais semelhantes ao cenário 2, tendo valores de produção muito semelhantes, expeto em algumas semanas, como pode ser visto nas figuras 19 a 22.

Neste cenário vemos uma diferenciação notória na produção de paletes. O facto de ter aumentado para o dobro os valores das saídas faz com que o modelo responda com menos pausa de produção e com picos maiores de produção na semana 6 e 16.

## **6.2 Planeamento Operacional**

O planeamento de curto prazo, ou operacional, é representado numa escala detalhada de tempo (Davis *et al* 2001). No caso em estudo o horizonte de planeamento é uma semana, representada numa escala discreta definida pelos turnos de operação ou seja, períodos de 8 horas (i.e.  $t=1, 2, \dots, 21$ ).

O modelo na sua dimensão tática, ou seja, uma semana de 7 dias com 3 turnos diários (21 espaços de tempo) é de menor dimensão e apresenta mais detalhe na sua formulação.

### **Cenário 1 - Planeamento operacional com mínimos de matérias-primas e mistura e sem restrição na saída de produtos**

Neste cenário de operação considerou-se os mesmos dados de partida do cenário 1 do planeamento tático, o arranque da unidade piloto apenas com algumas existências que existiam na primeira semana. Para este cenário utilizamos a 1ª semana do planeamento operacional para que possamos ter uma base de comparação entre os modelos.

Neste caso, verificamos que o solver consegue alcançar a solução ótima (desvio nulo, Gap 0.00), em 1646 iterações e para um tempo de 2.69 segundos de CPU (Intel® Core™ i7-4710HQ CPU @ 2.50GHz).

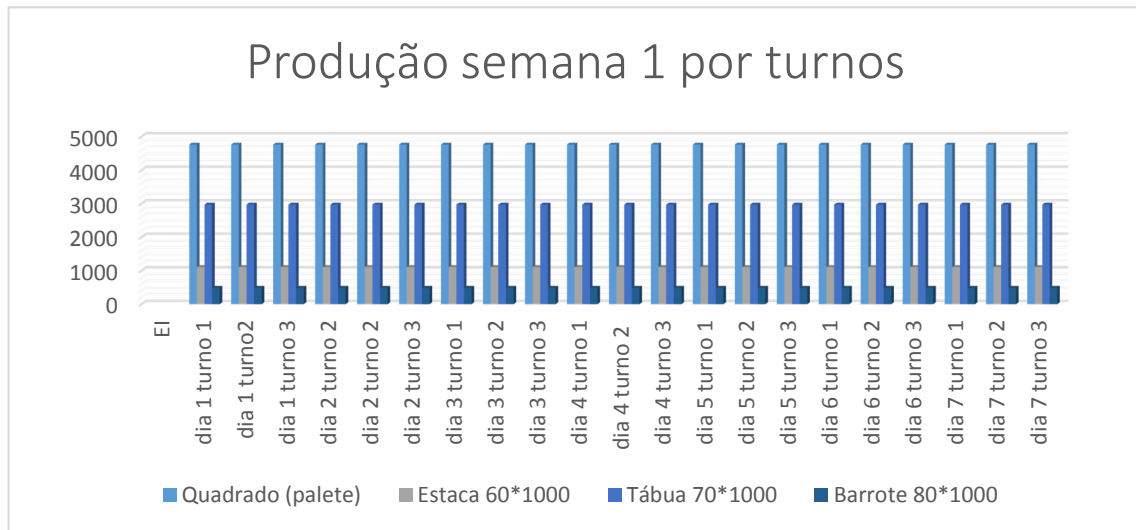


Figura 26- Produção semana 1

Neste cenário vemos uma clara diferença face ao modelo tático com a produção de quadrados para paletes logo na primeira semana, visível na figura 23. A nível operacional ainda registamos o fabrico de outros produtos, algo que não acontecia na primeira semana do modelo tático, ou seja, o modelo operacional mostra-se mais eficiente na primeira semana.

As tábuas continuam com valores maiores face às restantes séries de produtos, quando comparado com os resultados do modelo tático. São produzidos apenas os 4 produtos indicados, no modelo operacional.

**Cenário 2 - Planeamento ciclo normal com encomendas aleatórias de produto pelos clientes e saída fixa de paletes.**

Neste cenário de operação considerou-se utilizar a semana 11 do cenário tático a fim de obter o planeamento operacional. As existências desta semana são as existências finais da semana anterior (planeamento tático).

Neste cenário, verificamos que o solver consegue alcançar a solução ótima, em 874 iterações e para um tempo de 1,41 segundos de CPU (Intel® Core™ i7-4710HQ CPU @ 2.50GHz).

No planeamento operacional desta semana, vemos na figura 27, que o modelo dá preferência a produção de Quadrados em vez de outro subproduto. Ainda notamos que não existe produção de paletes e que os outros subprodutos ou não possuem produção ou a produção é mínima, indicando-nos que num cenário real a produção não justificaria os custos.

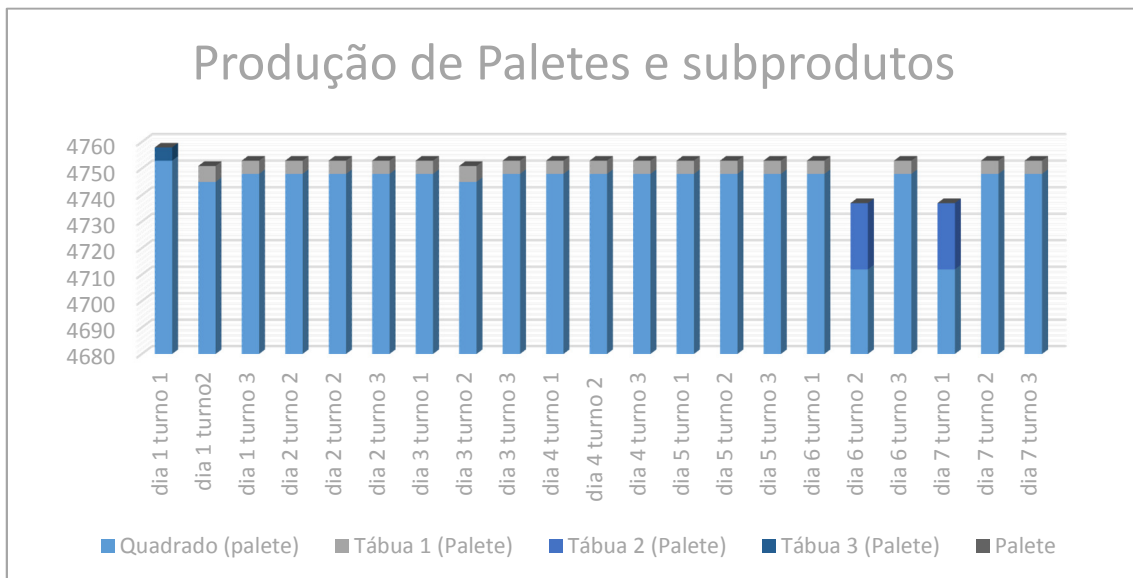


Figura 27 -Produção de paletes

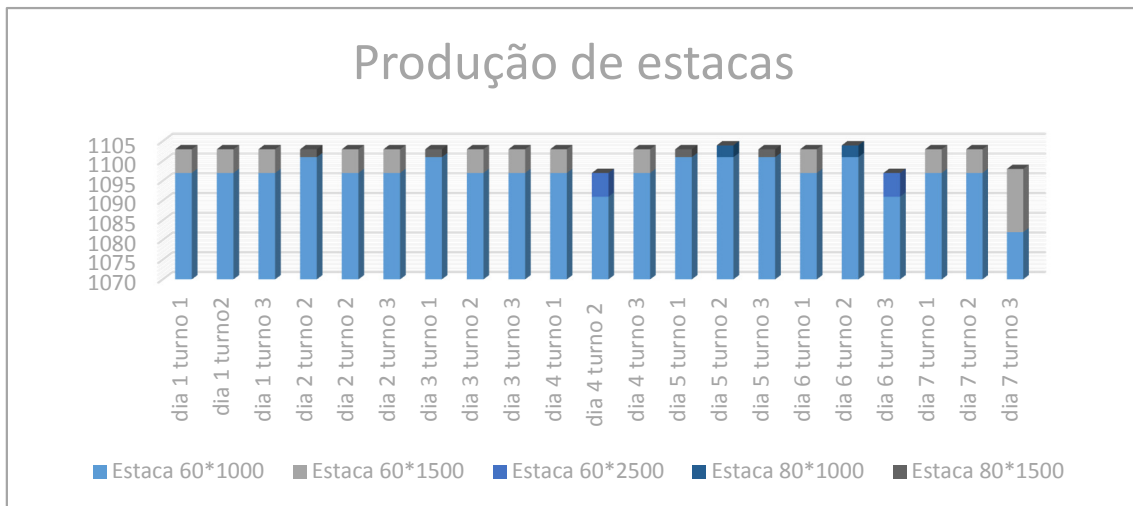


Figura 28 - Produção de estacas

Como podemos constatar na figura 28, o modelo dá preferência à produção de estacas de 60\*1000 face às outras e apenas 5 tipos de estacas detêm produção na semana analisada. Tal

como no fabrico dos restantes subprodutos, a produção da generalidade das estacas tem valores baixos face à produção das estacas de 60\*1000.

A produção de tábuas neste cenário, conforme a figura 29, acontece como a de fabrico de estacas. Notamos o destaque das tábuas de 70\*1000, verificando-se ainda que as restantes dimensões fabricadas possuem valores mínimos.

Para a produção de barrotes, vemos na figura 30 que existe maior diversificação de produção, mas mantendo sempre como produto mais produzido o barrote de 100\*2500.

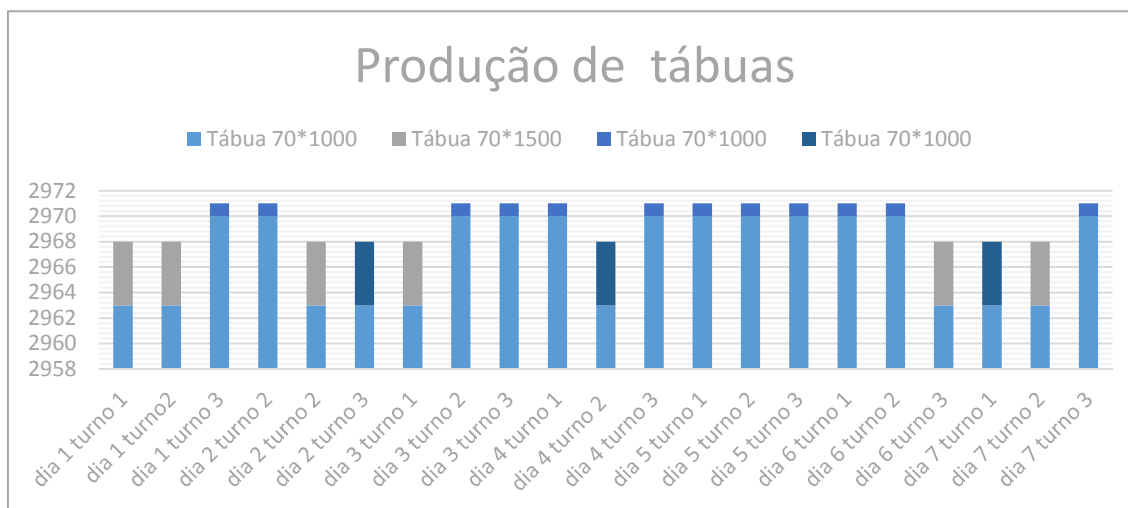


Figura 29 - Produção de tábuas

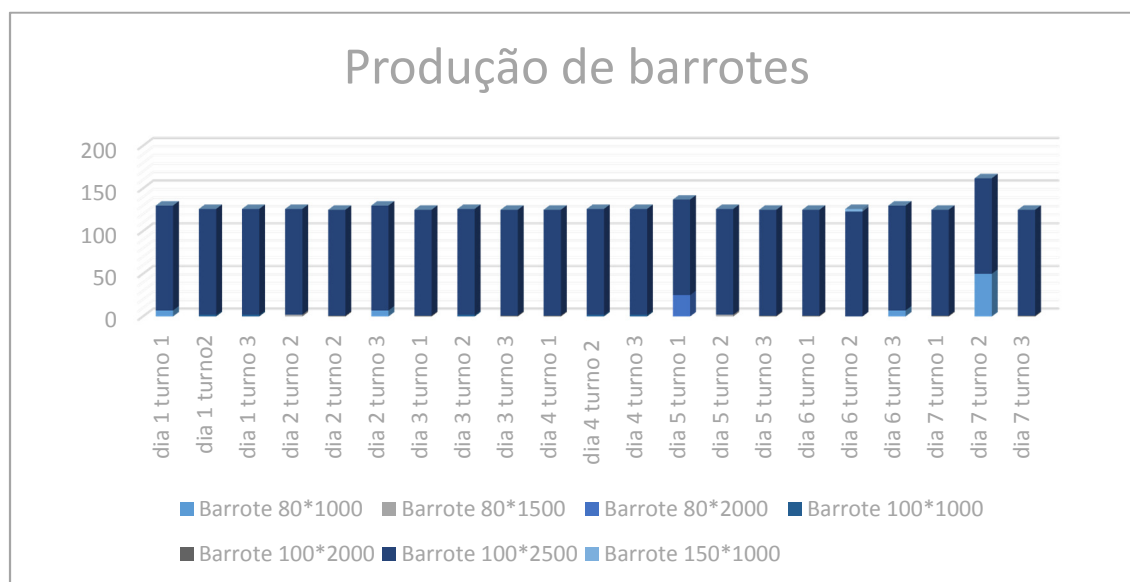


Figura 30 - Produção de barrotes

Em suma, comparando este cenário nos dois ambientes, o tático e o operacional, vemos que produz menos quantidade de subprodutos necessários para a produção de paletes, nomeadamente as tábuas, mas em contrapartida produz mais quadrados.

Em geral, nas restantes séries há uma diminuição de produção dos produtos mais fabricados no tático e uma produção maior de outros produtos. Esta situação deve-se ao facto de o modelo operacional não saber o que virá nas restantes semanas.

### Cenário 3 - Planeamento operacional com quebra de chegada de matérias-primas

Neste cenário de operação considerou-se utilizar a semana 8, em que existe uma quebra de fornecimento no modelo tático (cenário 3) e replicar para o modelo operacional. As existências foram retiradas do modelo tático.

Neste cenário, verificamos que o solver consegue alcançar a solução ótima, com desvio nulo (Gap 0.00), para um tempo de 0,71 segundos de CPU (Intel® Core™ i7-4710HQ CPU @ 2.50GHz).

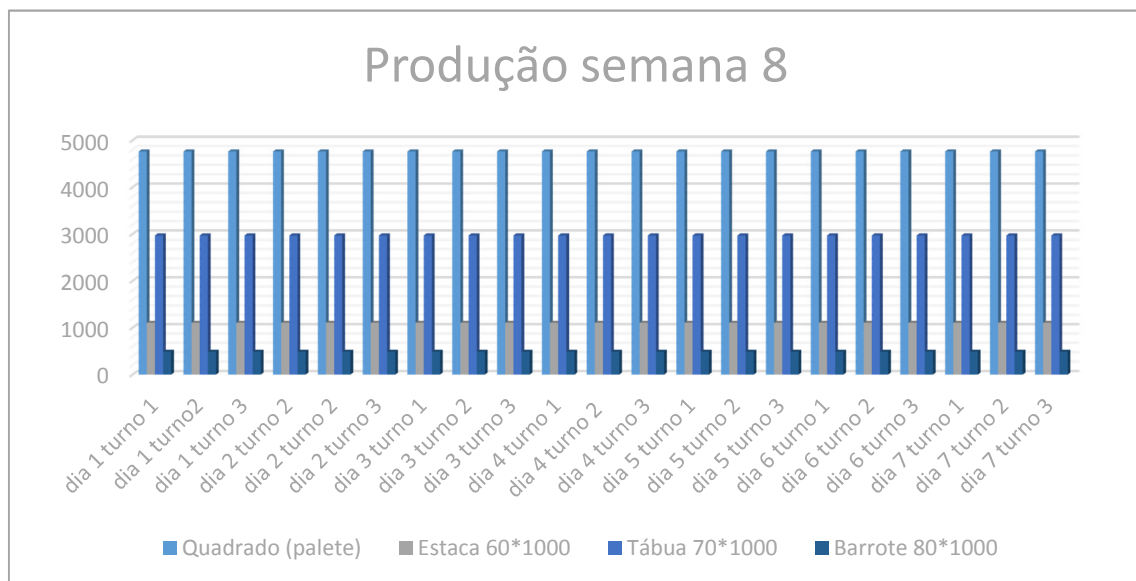


Figura 31 - Produção semana 8

Na semana 8 como podemos ver na figura 31, o modelo reage à falta de matérias-primas produzindo apenas um produto de cada série, dando maior produção ao subproduto dos quadrados, tal como no cenário 1 do modelo operacional. Face ao modelo tático, vemos que o comportamento é similar, nessa semana, mas variando na escolha do produto a produzir.

Neste cenário não existe produção de paletes, pois a existência inicial da semana é maior do que a saída desta mesma semana (1400 unidades), logo o modelo opta por não produzir paletes em detrimento de outros produtos.

### **6.3 Monitorização de Resultados – Excel *Dashboard***

O *dashboard* apresenta dados importantes para a análise por parte da gestão. Existindo assim vários gráficos que permitem, no espaço de tempo definido, saber a quantidade de Matérias-primas, de Misturas e de cada Produto fabricado.

Esses valores refletem assim as várias disponibilidades de matérias e de produto ao longo do planeamento, permitindo ainda saber quando está definida a produção de um determinado produto.

Como podemos ver na figura 32, o *dashboard* permite visualizar o que acontece semanalmente em termos de existências finais, de *stocks* de misturas, de matérias-primas e ainda as diferenças de produção relativamente à média da produção do mesmo período de tempo do modelo. Desta modo, o gestor tem disponível, de forma resumida e dinâmica, os resultados pertinentes para a sua análise.

O *dashboard* permite que em cada semana sejam mostrados indicadores de existência de produtos finais, permitindo pois a perceção de que produtos necessitam ser produzidos e com um breve olhar ficamos a saber quais os produtos que existe em maiores quantidades em *stock* e aquele que existem em menor quantidade. Registados com um preenchimento em verde temos as grandes quantidades de *stock* e a vermelho as quantidades baixas de *stock*.

Nesse mesmo espaço de tempo podemos ver as oscilações das gamas de produtos comparativamente à média de produção no período em análise pelo modelo, sendo visível através de gráficos de barras horizontais as oscilações de cada produto.

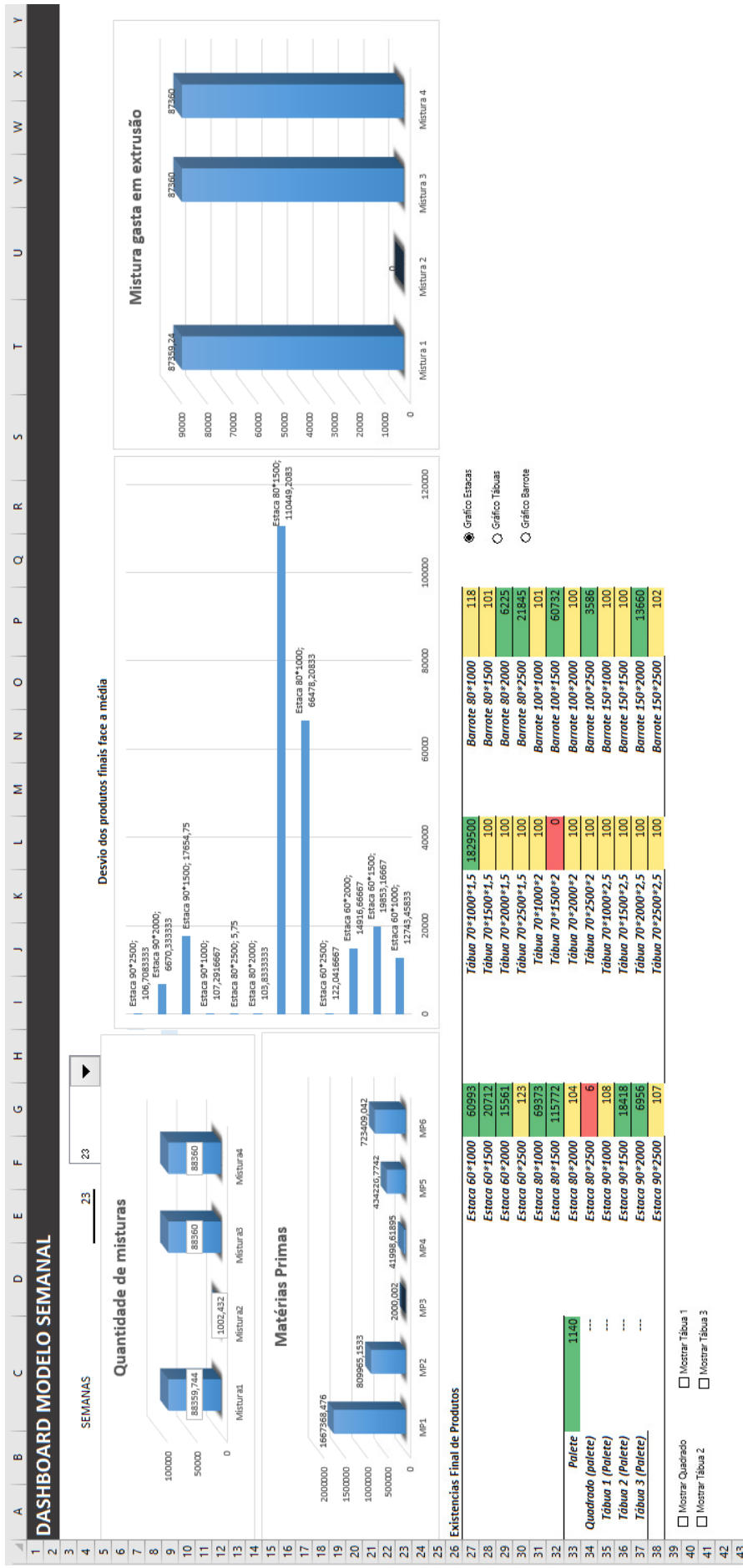


Figura 32- Dashboard

## **6.4 Sumário**

Com base em vários cenários operacionais foi possível comparar ambos os níveis de planeamento. De acordo com os resultados, podemos concluir que o modelo tático obtém melhores valores que o modelo operacional.

Contudo, importa notar que os dados de procura são simulados pelo facto de o produto não se encontrar ainda em comercialização e, como tal, se desconhecer quais os produtos com maior ou menor saída.

Por outro lado, recomenda-se que o gestor do processo efetue uma análise cuidada de ambos os níveis de planeamentos, de forma a tomar as decisões mais corretas em cada momento.

# **CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES**

Neste capítulo é elaborada uma análise crítica ao projeto desenvolvido bem como uma reflexão sumária sobre as atividades executadas. Nessa sequência são ainda apresentadas algumas reflexões pertinentes para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## **7.1 Principais conclusões do trabalho desenvolvido**

À semelhança de qualquer outro projeto, o presente estudo apresenta algumas limitações que decorrem quer do afastamento da atividade profissional na organização no decurso do projeto, quer pela falta de dados em tempo útil para a realização de um estudo mais concreto e realista. Acresce ainda o facto de o processo de produção fabril se encontrar então em desenvolvimento e, como tal, sujeito a sucessivas adaptações. Tornava-se impraticável adaptar constantemente o modelo a cada uma das alterações que era implementada.

Por outro lado, o facto de não haver base de comparação entre o modelo e a unidade fabril dificultou a análise mais detalhada da proposta e dos resultados alcançados. Devido às limitações e alterações que foram surgindo, optou-se por implementar o modelo em coerência com os dados operacionais previstos para a unidade fabril.

Por fim, é importante frisar que o modelo responde às necessidades previstas e permite obter informação pertinente para a gestão da empresa, possibilitando um olhar diferente sobre o planeamento da produção, quer ao nível do processo, quer da sua operação.

## **7.2 Perspetivas para trabalhos futuros**

Apesar de não prever a continuidade do trabalho desenvolvido no presente projeto, por motivos do meu afastamento profissional da organização, considero existirem grandes capacidades de evolução do modelo. Há vários fatores que não foram levados em conta no modelo e que poderão ser considerados em futuros desenvolvimentos, de forma a melhorar a

representação do processo de fabrico e a sua operação industrial. A este propósito, salientam-se alguns fatores com interesse de integração no modelo, tais como:

- A possibilidade de desligar uma ou mais máquina do processo produtivo por motivos de avaria, manutenção, etc;
- Possibilidade de criar/altera mistura e decidir se o produto será produzido com uma ou outra mistura;
- Possibilidade de adicionar pausa na produção para a manutenção das linhas, tais como mudança de discos para a máquina de corte;
- Acrescentar ao modelo tempos de transporte de matérias-primas.

Em termos de apreciação económica, poderia ainda complementar-se o modelo integrando custos de produção (i.e. operações e matéria-prima) e valores relativos às vendas dos produtos finais, a fim de possibilitar decisões de produção suportadas na apreciação do valor das receitas de cada produto final. Esses dados permitiriam ainda considerar a componente de avaliação custos de matérias-primas e, como tal, a avaliação do abastecimento e a seleção nomeadamente do melhor fornecedor para matérias-primas.

Sob o ponto vista técnico de implementação do *dashboard* há também algumas considerações a referir. A aplicação pode ser melhorada de forma a dar maior autonomia ao gestor, permitindo-lhe testar diferentes cenários operacionais alterando os *inputs* e *outputs* pretendidos. O atual *dashboard* não permite fazê-lo de forma automática ou seja, sem recorrer à alteração dos dados nas tabelas da formulação. Por outro lado, pode ainda existir a necessidade de ligar o *dashboard* a outro solver ou algoritmo para melhorar a velocidade de resposta e, como tal, a acessibilidade dos resultados.

Por fim, há ainda a considerar a integração do *layout* final de produção no modelo e a subsequente obtenção de resultados reais, permitindo uma análise mais detalhada sobre o modelo e sobre a sua representação do processo de produção.

### **7.3 Considerações Finais**

Em termos globais, os objetivos propostos para o presente projeto foram na sua generalidade atingidos. O projeto implementa uma proposta de planeamento ótimo da produção e procede à validação do modelo testando vários cenários operacionais. Paralelamente, foi desenvolvida uma proposta de *dashboard* em Microsoft Excel adequado à monitorização dos resultados e à sua utilização pela gestão do processo.

Os resultados obtidos com as implementações desenvolvidas neste projeto são ilustrativos de uma unidade piloto que à data de conclusão do projeto era expectável ter um paralelo industrial, em pleno funcionamento. Contudo, o processo industrial encontrava-se ainda a operar em escala piloto e, entretanto, muitas mudanças aconteceram na organização.

As maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento deste projeto devem-se, tal como foi referido, ao afastamento da empresa e às constantes mudanças operadas na unidade piloto. Este facto dificultou a tomada de algumas decisões no projeto e introduziu requisitos de atualização constante dos dados operacionais dessa unidade, que nem sempre foi possível considerar.

## BIOGRAFIA

[ 1 ] Amaro, A.C.S. & Barbosa-Póvoa, A.P.F.D. (2008). Planning and scheduling of industrial supply chains with reverse flows: A real pharmaceutical case study, *Computers & Chemical Engineering*, vol. 32, issue 11, 2606-2625.

[ 2 ] Amaro, A.C.S. & Barbosa-Póvoa, A.P.F.D. (2011). Supply chains planning with reverse flows: optimal alternative time formulations, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 50, 9, 5005-5022.

[ 3 ] Andra, S. (2006). Action-Oriented Metrics for IT Performance Management. *Cutter IT Journal*, 19(4), 17-21.

[ 4 ] Barbosa-Póvoa, A. P. (2012). Progresses and challenges in process industry supply chains optimization. *Biotechnology and bioprocess engineering -Process systems engineering*, 1 (4), 446-452.

[ 5 ] Bower, P. (2012). Integrated Business Planning: Is It a Hoax or Here to Stay, *Journal of Business Forecasting*, 31, 11 – 17.

[ 6 ] Cardoso, S.R., Barbosa-Póvoa, A.P.F.D. & Relvas, S. (2013). Design and planning of supply chains with integration of reverse logistics activities under demand uncertainty, *European Journal of Operational Research*, 226 (3), 436-451.

[ 7 ] Chase, B.R.; Jacobs, R. & Aquilano, N. J. (2006). *Administração da produção e operações para vantagens competitivas*, 11.ed. São Paulo: McGraw Hill.

[ 8 ] Chiavenato, I. (1990). *Iniciação ao planejamento e controle de produção*.1.ed. São Paulo: McGraw Hill.

[ 9 ] Courtois, A.; Pillet, M. & Martin-Bonnefous, C. (2007). *Gestão da Produção*, 5.ed. Lisboa: Lidel

[ 10 ] Corrêa, H. L. & Corrêa, C. A. (2006). *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2.ed. São Paulo: Atlas.

[ 11 ] Davis, M. M.; Aquilano, N. J. & CHASE, R.B. (2001). *Fundamentos da administração da produção*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.

- [ 12 ] Dittmann, J. P. (2012). Supply Chain Transformation: Building and Executing an Integrated Supply Chain Strategy, McGraw Hill Professional.
- [ 13 ] Grossmann, I. E. (2012). Advances in mathematical programming models for enterprise-wide optimization. Computers & Chemical Engineering, 47, 2–18.
- [ 14 ] Henrich, P.; Land, M.; Gaalman, G. (2004). Exploring applicability of the workload control Concept. International Journal of Production Economics. Vol. 90: nº2, p. 187-198.
- [ 15 ] Hillier, J. & Lieberman, G., J. (2010) Introduction to Operations Research (9th ed). New York: McGraw-Hill International Edition.
- [ 16 ] Kumar, R. (2011). ERP refines operations management and planning, Operations Management, 37 (5), 34-42.
- [ 17 ] Laudon, K.C. & Laudon, J.P. (2014). Management Information Systems- Managing the digital firm, Pearson Education Limited, 13th Edition-Global Edition (<http://www.icto.info/laudon-management-information-systems-13th-global-edition-c2014-1.pdf>).
- [ 18 ] Lisboa, J.V. & Gomes, C. F. (2008). Gestão de operações, Grupo Editorial Vida Económica, 2ª Edição.
- [ 19 ] Love, J. and Resnick, A. (2006). *Getting on the Same Page: Dashboard Development from Planning to Implementation*, Cutter IT Journal, 19(4), 6-13.
- [ 20 ] Lustosa, L.; Nanci, L. C. (2008). Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [ 21 ] Menipaz, E. (1984). Essentials of Production and Operations Management. 1.ed. New Jersey: Prentice Hall.
- [ 22 ] Nazemi, E ; Tarokh, MJ ; Djavanshir, GR. (2012). ERP: a literature survey, International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 61, 999-1018.
- [ 23 ] Oenning, V., Rodrigues, L. H., Cassel, R. A., Junior, J. A. V. A. (2004). Teoria das restrições e Programação Linear. Uma análise sobre o enfoque de otimização da produção. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Florianópolis, SC, Brasil, 211-218.

- [ 24 ] Pahl, J. & Vob, S. (2014). *European Journal of Operational Research*, 238, 654-674.
- [ 25 ] Papageorgiou, L. G. (2009). Supply chain optimization for the process industries: advances and opportunities. *Computers & Chemical Engineering*, 33 (12), 1931–1938.
- [ 26 ] *Proyectos Quimicos* (Maio 2014). *Prodelix: A partir de los desechos de vertederos*. 50-52.
- [ 27 ] *Robótica* (2014). *Prodelix: inovação ao serviço da economia e do ambiente*. P.31-32
- [ 28 ] Shi, J., Zhang, J. & Sha, J. (2011), Optimal production planning for a multi-product closed loop system with uncertain demand and return, *Computers & Operations Research*, 38 (3), 641-650.
- [ 29 ] Slack, N.; Chambers, S. & Jonhston, B. (2007). *Operations Management*. 6.ed. London: Prentice Hall.
- [ 30 ] Stefansson, H, Sigmarsdottir, S., Jensson, P. & Shah, N. (2011). Discrete and continuous time representations and mathematical models for large production scheduling problems: A case study from the pharmaceutical industry, *EJOR*, 215 (2), 383-392.
- [ 31 ] Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *Int. J. Manag. Rev.* 9, 53–80.
- [ 32 ] Stoop, P. P. M. & Wiers, V. C. S. (1996). The complexity of scheduling in practice. *International Journal of Operations & Management*, 16, 37-53.
- [ 33 ] Sumit M., Ignacio E. Grossmann, I.E., Jose M. Pinto, J.M. & Arora, N. (2012). Optimal production planning under time-sensitive electricity prices for continuous power-intensive processes, *Computers & Chemical Engineering*, 38, 171–184.
- [ 34 ] Tubino, D. F. (2000). *Manual de planejamento e controle da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas.
- [ 35 ] Zaccarelli, S. B. (1987). *Programação e Controle da Produção*. São Paulo: Livraria Pioneira Editora.

## Anexos

Anexo A -  $\bar{C}_j(C_j)$

	Tarefa a1	Tarefa a2	Tarefa a3	Tarefa a4	Tarefa a5	Tarefa a6	Tarefa a7	Tarefa a8	Tarefa a9	Tarefa a10	Tarefa a11	Tarefa a12	Tarefa a13	Tarefa a14	Tarefa a15	Tarefa a16	Tarefa a17	Tarefa a18	Tarefa a19	Tarefa a20	Tarefa a21	Tarefa a22	Tarefa a23	Tarefa a24	Tarefa a25
<b>C</b>	1200	1200	9000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	36000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	16200	3120	3120	3120	3120	3120
<b>Up</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>C</b>	2400	2400	1800	2400	2400	2400	2400	2400	2400	7200	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	0	1560	1560	1560	1560	1560
<b>Low</b>																									

Anexo B – Quantidade mínima e máxima se stock

	PLÁSTICO	MOBÍLIAS	R. CONST	INT1	INT2	D1	D2	D3	D4	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	M1	M2	M3	M4
<b>23520000</b>	1680000	1680000	0	0	0	1176000	1176000	1176000	1176000	3360000	3360000	3360000	3360000	3360000	3360000	3360000	3360000	3360000	3360000
<b>7000</b>	500	500	0	0	0	350	350	350	350	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1000	1000	1000	1000