

Seleção de uma ferramenta de planeamento avançado da produção numa indústria de tapeçarias

Pedro Diogo Lacerda Saldanha Simão

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2021-02-08

Resumo

O projeto apresentado no presente relatório de dissertação, realizado na empresa Tapeçarias Ferreira de Sá, visou a análise de métodos de planejamento da produção de modo a procurar novas soluções que possam ser refletidas num aumento da produtividade, numa redução do tempo desperdiçado e do *lead time*.

Inicialmente, foram estudadas todas as operações individualmente, no chão de fábrica, com o objetivo de entender o método de funcionamento e detalhes de cada uma, permitindo o seu enquadramento no fluxo produtivo.

Foram, então, identificados os problemas atuais e oportunidades de melhoria, tanto no planejamento como nas operações. Tendo em conta os problemas verificados, foi estudada a possibilidade de integração de um *software* APS. Foi analisado o possível impacto que um APS poderia ter na empresa, as melhorias que esta implementação poderia trazer, bem como o seu impacto esperado no fluxo. Adicionalmente, foram analisados vários *softwares* disponíveis no mercado e as respetivas empresas implementadoras, explorando as características de cada um. A partir do estudo realizado, foram determinadas as vantagens e desvantagens de cada empresa e de cada *software* distintos. Esta informação foi relacionada com as necessidades da empresa, com a finalidade de verificar qual dos candidatos se adequaria mais ao tipo de produção da TFS e às especificidades da sua indústria. Serão apresentados os resultados desta análise e as razões pelas quais a empresa selecionada se destacou.

Paralelamente ao principal objetivo do projeto, foi também considerada uma solução alternativa a curto prazo. Esta consistiu em analisar as operações individualmente e criar listas de apoio aos operadores com a respetiva ordem de trabalhos, de acordo com os prazos de entrega. Esta solução a curto prazo não permite obter um fluxo otimizado, algo que apenas um *software* como um APS pode garantir, devido à sua capacidade de analisar todas as variáveis necessárias e realizar várias iterações em poucos segundos.

Para ambas as hipóteses, foram, também, analisadas melhorias nas operações e na organização de trabalho, de modo a aumentar a eficiência produtiva e diminuir o desperdício de tempo.

Selection of an advanced production planning tool in a tapestry industry

Abstract

The project presented in this dissertation report, carried out at Tapeçarias Ferreira de Sá, aimed at the analysis of production planning methods to seek new solutions that can be reflected in an increase in productivity and a reduction of wasted time and lead time.

Initially, all operations were studied individually, on the shop floor, in order to understand their details and methods, allowing a more complete analysis of the productive flow.

The current problems and opportunities for improvement were identified, both in planning and operations. Considering the problems verified, the possibility of integrating an APS software was studied. The possible impact that an APS can have on a company was analyzed, the improvements that this implementation could bring, as well as its impact on the flow. Additionally, the various softwares available in the market and the respective implementing companies were analyzed, exploring their characteristics. From the study carried out, the advantages and disadvantages of each company and each different software were determined. This information was related to the company's needs, with the purpose of verifying which of the candidates is more suitable for TFS's type of production and the specificities of its industry. The results of this analysis and the reasons why the selected company stood out will be presented.

Parallel to the main objective of the project, it was also considered a short-term alternative solution. This consisted in analyzing the operations individually and creating support lists for the operators with the work schedule, according to the delivery deadlines. This short-term solution does not allow an optimized flow, something that only softwares like APS can guarantee, due to its ability to analyze all the necessary variables and perform several iterations in a few seconds.

For both situations, improvements in operations and work organization were also analyzed, to increase production efficiency and reduce time wastage.

Agradecimentos

A realização desta dissertação não seria possível sem a colaboração de diversos elementos fundamentais ao longo deste projeto e, também, da minha vida académica, aos quais deixo os meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador da FEUP, Professor Eduardo Gil da Costa, pelos seus conselhos ao longo desta dissertação, pela disponibilidade e simpatia demonstrados.

À Engenheira Cristina Barbosa, à Engenheira Rita Brandão, ao Engenheiro André Silva, que estiveram sempre disponíveis para apoiar e fornecer as ferramentas necessárias para a realização desta dissertação. Agradeço também a todos os colaboradores e engenheiros, nomeadamente aos elementos do setor da manutenção, que facilitaram a integração e ajudaram sempre que necessário.

À administração da Tapeçarias Ferreira de Sá, pelo apoio financeiro concedido e pela oportunidade de ter um primeiro contacto laboral.

À minha família, aos meus amigos e à Daniela, pelo apoio incondicional que permitiu a superação de todos os obstáculos encontrados.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da empresa	1
1.2	Enquadramento do projeto e motivação	2
1.3	Método seguido no projeto	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão bibliográfica	6
2.1	Logística	6
2.2	Planeamento e controlo da produção	6
2.3	Caracterização do sistema de produção nas organizações	7
2.4	Filosofias de produção	8
2.5	Sistemas de gestão da produção	9
2.5.1	<i>Material Requirements Planning</i>	10
2.5.2	<i>Manufacturing Resource Planning</i>	11
2.5.3	<i>Enterprise Resource Planning</i>	11
2.5.4	<i>Manufacturing Execution Systems</i>	12
2.5.5	<i>Advanced Planning and Scheduling</i>	13
2.6	Fatores de decisão no planeamento e controlo da produção	18
2.7	Otimização combinatória	20
3	Descrição da situação inicial e definição de critérios de avaliação	21
3.1	<i>Hand tufting</i>	21
3.2	Sistemas de informação	23
3.3	Mapas e ordens de produção	25
3.4	Fluxo global da produção	26
3.5	Operações	30
3.5.1	Colocação da tela	30
3.5.2	Retificação	31
3.5.3	Colagem	32
3.5.4	Baixar carpete	32
3.5.5	Acabamentos	33
4	Apresentação da solução proposta	36
4.1	Fluxo global da produção	36
4.1.1	Análise de candidatos	37
4.2	Operações	41
4.2.1	Colocação da tela	41
4.2.2	Retificação	43
4.2.3	Colagem	44
4.2.4	Baixar carpete	45
4.2.5	Acabamentos	46
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	47
	Referências	49
	ANEXO A: Processo de alocação de tela desenvolvido	51

Siglas

ATO - Assemble to Order

BOM - Bill of Materials ou Lista de Material

CR - Critical Ratio

CTO - Configure to Order

EDD - Earliest Due Date

ERP - Enterprise Resource Planning

ETO - Engineer to Order

FCFS - First Come First Served

JIT - Just-in-time

LS – Least Slack

LPT - Longest Processing Time

LWKR - Least Work Remaining

MES - Manufacturing Executive System

MRP - Material Requirements Planning

MRP II - Manufacturing Resources Planning

MTO - Make to Order

MTS - Make to Stock

MWKR - Most Work Remaining

OPP - Order penetration point

PCO - Preferred Customer Order

PDCA - Plan Do Check Act cycle

PROD - Fichas de Produção

SPT - Shortest Processing Time

SQL - Structured Query Language

TFS - Tapeçarias Ferreira de Sá

WIP - Work in progress

Índice de Figuras

Figura 1 - Análise de produtos bespoke - MTO (TFS)	2
Figura 2 - Catálogos de carpetes - ETO (TFS).....	2
Figura 3 - Escolha de cores para a configuração da carpete - CTO (TFS).....	2
Figura 4 - <i>Hand knotting</i> (TFS).....	3
Figura 5 - <i>Hand tufting</i> (TFS)	3
Figura 6 - <i>Hand weaving</i> (TFS).....	3
Figura 7 - Análise PDCA (Acedido 8 de Fevereiro de 2021 https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-o-ciclo-pdca)	4
Figura 8 - Sistemas de produção (Adaptado de Kumar e Suresh 2008).....	7
Figura 9 - OPP's relativos a cada tipo de produção (Ghalehkhondabi, I., e G. Suer. 2018. «Production line performance analysis within a MTS/MTO manufacturing framework: A queueing theory approach)	8
Figura 10 - Comparação de planeamento e sequenciamento (Sothis 2020).....	14
Figura 11 - Módulos de um APS (Adaptado de Hartmut e Kilger 2008).....	14
Figura 12 - Análise dos processos e ferramentas a eles associados (Sothis 2020).....	16
Figura 13 - Interligação entre o APS e o MES em função do tempo (Acedido 12 de Novembro de 2020. http://neoep.com.br/2018/10/29/aps-mes-o-que-cada-um-oferece).....	16
Figura 14 - Comparação gráfica da capacidade finita e infinita (Sothis 2020)	18
Figura 15 - Sequenciamento para trás e para a frente (Mimoso 2018).....	20
Figura 16 - Processo produtivo de uma carpete	23
Figura 17 - Diagrama de <i>Gantt</i> (TFS)	24
Figura 18 - Mapa de injeção (TFS)	25
Figura 19 - Ficha de produção - PROD (TFS)	26
Figura 20 - Exemplo de <i>nesting</i>	27
Figura 21 - <i>lead time</i> médio de uma carpete lisa.....	27
Figura 22 - Diagrama de funcionamento de um APS (Softinov)	28
Figura 23 - Interligação entre o APS, o ERP e o MES (Sothis 2020).....	29
Figura 24 - Registo relativo à colocação da tela.....	30
Figura 25 - Fila de espera das estruturas em frente a uma plataforma	32
Figura 26 - Lista para baixar carpetes	33
Figura 27 - Carpetes à entrada dos acabamentos.....	34
Figura 28 - Lista utilizada pelos operadores nos acabamentos	34
Figura 29 - Características da indústria têxtil (Neo 2020).....	36
Figura 30 - Características da indústria 4.0 e soluções oferecidas pelo APS (Neo 2020).....	37
Figura 31 - Comparação de indicadores entre diferentes sequenciamentos (Neo 2020).....	38
Figura 32 - Exemplo de sequenciamento no APS (Neo).....	40

Figura 33 - Alocação de tela, mapas com e sem estrutura	42
Figura 34 - Lista da retificação.....	44
Figura 35 - Lista da colagem	45
Figura 36 - Lista da secagem.....	45
Figura 37 - Visão geral da lista dos acabamentos	46

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre MTS e MTO (Adaptado de Crama, Pochet, and Wera 2001).....	9
Tabela 2 - Análise dos candidatos para implementação do APS	39
Tabela 3 - Comparação de resultados da colocação de tela	43

1 Introdução

A presente dissertação enquadra-se na Unidade Curricular de Dissertação do Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este projeto de dissertação foi realizado em ambiente empresarial, na empresa Tapeçarias Ferreira de Sá (TFS).

Neste capítulo é apresentada primeiramente a empresa. De seguida é descrito o enquadramento do projeto, o que motivou a sua realização bem como os objetivos que se pretendem alcançar, posicionando-os no contexto atual da empresa. É, então, apresentada a metodologia utilizada, finalizando com a estrutura em que a presente dissertação se encontra organizada.

1.1 Apresentação da empresa

Fundada em 1946, a TFS é atualmente uma das maiores e mais antigas empresas existentes que produzem tapetes artesanais na Europa. Localizada em Silvalde, começou como uma pequena fábrica e rapidamente evoluiu para uma organização de grande escala. A empresa está inserida num mercado de nicho, produzindo carpetes de luxo personalizáveis pelo cliente até ao mais ínfimo detalhe, desde o design e as cores até ao tipo de fio e técnica utilizada.

Tendo como diretrizes a qualidade e a inovação, a empresa disponibiliza aos clientes uma gama de produtos altamente personalizados, dispondo de uma equipa qualificada para ajudar e aconselhar sobre novas tendências, cores, texturas e materiais.

Em 2019, a TFS foi maioritariamente adquirida pela *private equity* espanhola Sherpa Capital, continuando a família fundadora envolvida na gestão dos negócios. O objetivo é reforçar a gama de produtos e a capacidade de produção, de forma a dar mais ênfase à sua vocação internacional e, consequentemente, à sua posição de líder europeu no fabrico de tapetes de luxo.

As vendas são focadas principalmente no mercado externo, com uma forte presença na Europa. Adicionalmente, a empresa possui parceiros nos continentes americano e asiático, possibilitando o alcance de mercados consideravelmente distintos, com uma elevada dispersão geográfica que lhe permitem escoar os seus produtos diversificados, tendo em conta as características de cada mercado, no que concerne a costumes, tradições e tendências.

Na TFS cada carpete é produzida tendo um cliente específico em mente, isto é, não são produzidos artigos em massa para serem acumulados em stock e serem vendidos posteriormente. Assim, pode ser afirmado que a empresa segue uma filosofia de produção *just-in-time* (JIT). Consequentemente, o processo produtivo de um carpete, desde o design, até à expedição, é desencadeado pela chegada de uma encomenda. A partir deste instante, um dos três tipos de processos industriais será levado a cabo, sendo eles: *make-to-order* (MTO), *engineer-to-order* (ETO) ou *configure-to-order* (CTO), onde estão demonstrados os exemplos práticos na TFS na Figura 1, Figura 2 e Figura 3 respetivamente.

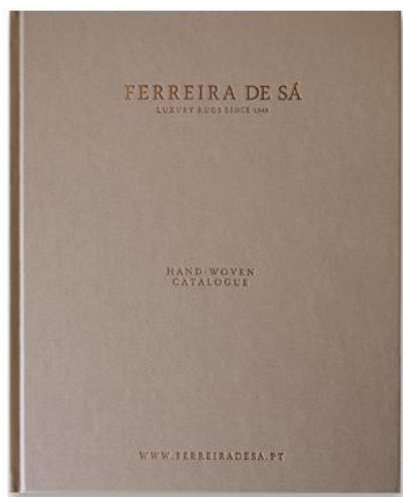


Figura 1 - Análise de produtos bespoke - MTO (TFS)

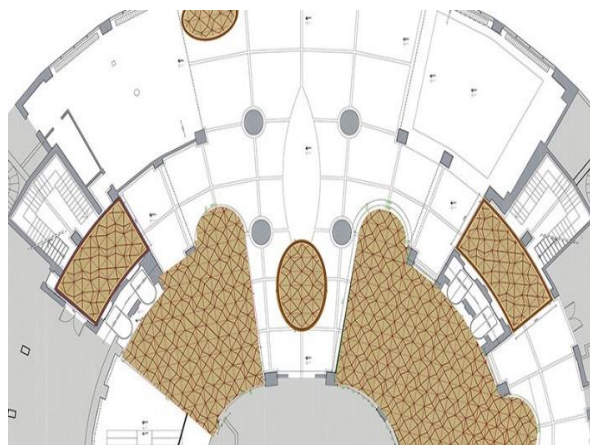


Figura 2 - Catálogos de carpetes - ETO (TFS)



Figura 3 - Escolha de cores para a configuração da carpete - CTO (TFS)

O processo *make-to-order* ocorre a partir de uma encomenda de um artigo de catálogo. Nestas situações, o design já foi previamente desenvolvido pela TFS, originando uma chegada mais rápida da ordem de produção ao chão de fábrica. Existem algumas configurações que são permitidas nestas carpetes de coleção, tais como cor, material, dimensões, de onde resulta o processo de *configure-to-order*. Podem, ainda, ser criados de raiz novos produtos totalmente customizáveis pelo cliente, podendo existir apenas algumas limitações técnicas. Este processo de *engineer-to-order* é especialmente comum em projetos propostos por hotéis, escritórios, lojas, museus.

Todo o processo é certificado pela norma ISO 9001, que documenta processos, procedimentos e responsabilidades assegurando a conformidade com as normas do sistema de gestão da qualidade de reconhecimento internacional.

1.2 Enquadramento do projeto e motivação

A TFS, enquanto empresa em forte crescimento, tem visto o seu volume de negócios aumentar a um ritmo superior ao habitual.

A empresa oferece três técnicas de produção diferentes: o nó manual (*hand knotting*) (Figura 4), o tufado manual (*hand tufting*) (Figura 5) e a tecelagem manual (*hand weaving*) (Figura 6). O *hand tufting*, sendo a técnica mais moderna, permite a elevada personalização das carpetes, agilizando a produção devido à maior rapidez e tornando-a mais barata e flexível. Esta representa mais de 80% das vendas da empresa.



Figura 4 - *Hand knotting* (TFS)



Figura 5 - *Hand tufting* (TFS)



Figura 6 - *Hand weaving* (TFS)

A TFS não abdica da produção artesanal, apesar da diferença de volume significativa em relação à produção automatizada, com produtos mais trabalhosos e demorados, estes comprovam-se como sendo de alta qualidade e durabilidade.

Contudo, o crescimento da capacidade produtiva tem sempre de ser consolidado com uma estrutura de apoio capaz de responder ao desenvolvimento da empresa.

Com o aumento do número de robôs, atualmente 13, torna-se cada vez mais importante conseguir ter controlo sobre o processo global. Atualmente, apenas a injeção é alvo de planeamento, onde é procurado maximizar a produtividade dos robôs. Este aumento de robôs ao longo dos anos leva a que seja cada vez mais difícil controlar todo o processo em função das decisões tomadas nesta operação.

Como tal, é necessário conseguir ter uma análise individual de cada operação para posteriormente ser possível analisar as operações da produção como um fluxo global, com o respetivo sequenciamento de cada atividade permitindo uma melhor organização e controlo na sua realização.

Numa análise a curto prazo, será procurado implementar um listas de sequenciamento nas operações da produção, de modo a que os operadores se consigam organizar da melhor forma para realizar as suas tarefas. Espera-se que os operadores se tornem mais independentes e autónomos, tendo à disposição toda a informação necessária e relevante para cumprir com o seu trabalho de forma eficiente.

Feita esta análise das operações individualmente, é possível analisar o fluxo produtivo mais detalhadamente. O objetivo principal desta dissertação é analisar os métodos de planeamento atuais e procurar ferramentas que consigam fornecer soluções otimizadas, tendo em conta todas as etapas do fluxo, com maior precisão e rapidez de processamento.

Com este efeito, o objetivo do projeto será o estudo da viabilidade e seleção de um software *Advanced Planning and Scheduling* (APS) numa empresa com as características da TFS de alta personalização e tempos reduzidos de entrega, dois fatores fundamentais para o sucesso

da empresa. Serão analisados vários *softwares*, o serviço de apoio e integração de modo a garantir um processo de seleção eficaz, garantindo que a seleção seja a mais adequada à TFS. Esta ferramenta visa acelerar e otimizar o processo de gerar um planejamento, permitindo definir os objetivos pretendidos, como por exemplo minimização do tempo de espera, maximização do lucro, minimização de atrasos, entre outros, organizando o planejamento de forma a cumpri-los.

1.3 Método seguido no projeto

A metodologia seguida para a concretização deste projeto foi dividida em três fases fundamentais para o bom desenvolvimento do trabalho.

1. Fase de Preparação - realizou-se o trabalho de pesquisa para obter o devido enquadramento teórico;
2. Fase de Desenvolvimento - realizou-se o trabalho prático do projeto, podendo dividir-se esta fase em:
 - Recolha de dados;
 - Análise de dados;
 - Implementações de melhoria e resultados da análise;
 - Sugestões de futuras melhorias.
3. Documentação final - fase destinada à criação dos documentos necessários e que relatam o trabalho feito.

As implementações de melhoria serão feitas através da metodologia *plan do check act* (PDCA), exemplificada na Figura 7, sendo o *feedback* dos operadores fundamental para que o seu resultado seja o melhor possível.



Figura 7 - Análise PDCA (Acedido 8 de Fevereiro de 2021
<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-o-ciclo-pdca>)

1.4 Estrutura da dissertação

No presente capítulo foi feita uma introdução à empresa, analisando o enquadramento, as suas limitações e as suas oportunidades, definindo os objetivos e a metodologia de implementação.

No capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica dos conceitos importantes que servem de base para entender a situação atual da empresa, encontrar potenciais aspetos a melhorar e ter as ferramentas necessárias para implementar e testar soluções para os problemas encontrados.

No capítulo 3 é desenvolvida uma análise mais profunda da situação atual da empresa, às características do seu negócio, da sua produção, passando pelas várias etapas do seu fluxo e dos potenciais aspetos a melhorar. Serão apresentadas as várias operações do processo produtivo individualmente, permitindo verificar o seu modo de funcionamento, problemas e potenciais melhorias. Será, também, analisado o fluxo de produção, tendo em conta as suas dinâmicas, organização e produtividade dos operadores.

No capítulo 4 é apresentado todo o processo que auxiliou na seleção de uma parceria para implementar o APS e são demonstrados os seus resultados. São, também, apresentadas as melhorias implementadas relativamente ao sequenciamento de várias operações.

Por fim, no capítulo 5, são retiradas as conclusões do projeto e analisadas possíveis melhorias a implementar no futuro.

2 Revisão bibliográfica

Neste capítulo, são analisados conceitos teóricos fundamentais de modo a permitir um melhor enquadramento no tema, bem como a melhor compreensão dos problemas atuais e de possíveis soluções para os mesmos.

2.1 Logística

Logística pode ser definida como o processo de planeamento, implementação e controlo da eficiência, dos custos, fluxos, armazenagem de matérias primas, produtos em curso e acabados e informação relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, de modo a satisfazer os requisitos dos clientes (Swamidass 2000).

O foco das empresas está, cada vez mais, direcionado para a rentabilidade e eficiência dos seus processos. Deste modo, a logística tem-se tornado num ponto chave e diferenciador para o sucesso de uma organização.

Uma empresa com a capacidade de coordenar adequadamente os seus processos logísticos conseguirá acompanhar, controlar e melhorar as suas etapas produtivas.

2.2 Planeamento e controlo da produção

Direcionando o foco para o planeamento da produção, não sendo garantia de sucesso, dada a imprevisibilidade inerente ao futuro, a consequência de não planear ou de efetuar um planeamento deficiente pode trazer graves prejuízos para as organizações. Ou seja, embora a informação relativa ao futuro (previsão) não seja totalmente fiável e completa, esta permite que um conjunto razoável de hipóteses possam ser formadas (Proud 2007).

Inicialmente, é importante distinguir os conceitos de planeamento e de controlo uma vez que esta distinção nem sempre é clara. Existem algumas características que podem ajudar na análise destes conceitos.

O planeamento consiste na formalização do que se prevê que aconteça em algum momento no futuro, ou seja, determina quando produzir, comprar matérias-primas e as respetivas quantidades, de modo a satisfazer, da melhor maneira, a procura planeada (previsões e encomendas reais) (Salvendy 2001). Já o controlo da produção regula o movimento de materiais ao longo de todo o ciclo de fabrico, desde a requisição da matéria-prima até à entrega do produto acabado (Pittman e Atwater 2016).

O conceito de um sistema de planeamento e controlo da produção pode ser definido como a aplicação de uma metodologia com o intuito de controlar o fluxo dos materiais, da utilização dos recursos humanos e dos equipamentos da forma mais eficiente, com a finalidade de responder às exigências e expectativas do cliente, utilizando para isso a capacidade interna disponível, a dos fornecedores e, por vezes, a dos clientes, para que seja possível responder à procura existente (Vollmann, Berry, e Whybark 1997).

O objetivo consiste em estabelecer uma ligação entre a procura e a oferta que permite assegurar o funcionamento eficiente e efetivo das operações e a produção de produtos e serviços que correspondam às exigências dos clientes (Vollmann, Berry, e Whybark 1997).

O planeamento de uma empresa está diretamente relacionado com o tipo de sistema de produção, como será analisado mais pormenorizadamente de seguida.

2.3 Caracterização do sistema de produção nas organizações

O sistema de produção está associado ao departamento da organização responsável pela produção. Esta é uma atividade onde os recursos que circulam dentro de um sistema definido, são trabalhados e combinados entre si de modo a obter um produto final. Segundo (Kumar e Suresh 2008), os sistemas de produção podem ser classificados de entre quatro tipos, posicionado quanto ao volume de produção e variedade de produtos (Figura 8).

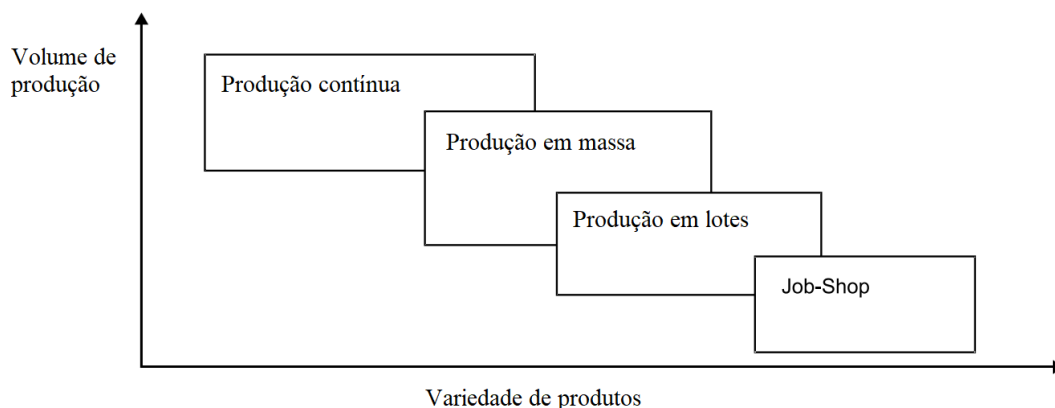


Figura 8 - Sistemas de produção (Adaptado de Kumar e Suresh 2008)

Assim, analisando a Figura 8, compreende-se que os diferentes tipos de sistemas de produção que caracterizam uma empresa são influenciados pelos volumes de produção e pela variedade dos produtos em causa.

- *Job Shop*

Este tipo de produção é caracterizada pelo fabrico de poucas quantidades de produtos, sendo estes desenhados e concebidos de acordo com especificações do cliente e de acordo com os tempos e custos previamente estabelecidos. As principais características que distinguem este tipo de produção dos restantes são o baixo volume e a alta variedade dos produtos (Kumar e Suresh 2008). Assim, o produto criado neste tipo de sistema de produção é customizado e concebido para clientes específicos em quantidades bastantes reduzidas, tornando os fluxos de materiais para a sua conceção descontínuos.

- Lotes

O sistema de produção em lotes é caracterizado pelo fabrico de um número limitado de produtos que vão sendo produzidos em intervalos regulares de tempo e para stock. É definido como uma forma de fabrico na qual o trabalho passa através dos departamentos funcionais em lotes e em que cada lote poderá ter uma rota diferente (Kumar e Suresh 2008).

- Produção em massa

Tipo de produção que se caracteriza por recorrer a um processo contínuo para o fabrico de peças individuais ou para montagem. É um sistema de produção que justifica a sua aplicação em ambientes de grandes volumes de produção, encontrando-se, as máquinas utilizadas na produção, dispostas em linha ou por produto (Kumar e Suresh 2008).

- Produção contínua

Aqui, as instalações da produção estão organizadas de acordo com o sequenciamento das operações da produção, desde as primeiras operações até ao produto acabado. Os itens são feitos para fluir através deste sequenciamento de operações com recurso a dispositivos de manuseamento de materiais, como por exemplo, os contentores (Kumar e Suresh 2008).

2.4 Filosofias de produção

Cada tipo de empresa tem o seu próprio processo de produção, definido pela estratégia adotada, e aquilo que considera serem as suas vantagens competitivas (preço, custo, prazo de entrega, flexibilidade). Segundo (Harrison e Petty 2002), existem diversas filosofias de produção para servir o mercado:

- *Make-to-stock* (MTS): Os clientes requisitam os produtos sem quase qualquer aviso prévio. O fornecedor produz antes de existirem encomendas, obrigando normalmente a manter *stock* de produto acabado;
- *Assemble-to-order* (ATO): Os clientes estão preparados a esperar pelo produto durante um certo período limitado, mas não tempo suficiente que permita ao fornecedor fabricar o produto desde o início. Como solução, a empresa produz subcomponentes e, mais tarde, quando existir uma encomenda, finaliza a produção. Trata-se de um modelo extremamente comum na indústria;
- *Make-to-order* (MTO): A empresa não aloca recursos até que sejam recebidas encomendas por parte dos clientes. Na sua forma mais pura, trata-se de um modelo muito raro;
- *Engineer-to-order* (ETO): Este modelo é muito similar ao modelo MTO, com a exceção de que o produto é desenhado e construído de acordo com as especificações do cliente somente após a encomenda ser recebida.

A Figura 9 compara o *order penetration point* (OPP), que é o ponto a partir do qual um produto fica associado a um determinado cliente, correspondente para cada tipo de produção:

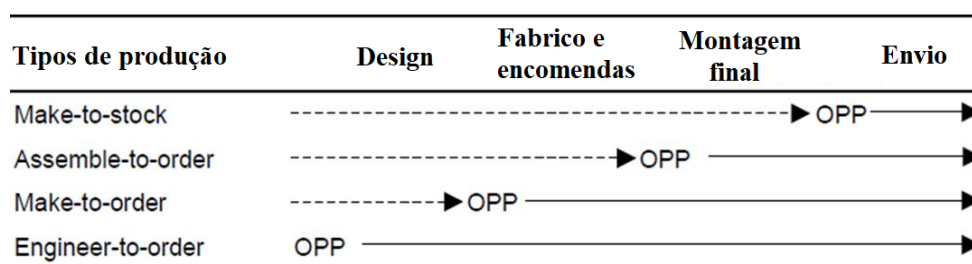


Figura 9 - OPP's relativos a cada tipo de produção (Ghalehkhondabi, I., e G. Suer. 2018. «Production line performance analysis within a MTS/MTO manufacturing framework: A queueing theory approach»)

Na Tabela 1, está apresentada uma comparação entre os modelos MTS e MTO tendo em conta alguns parâmetros relevantes. Numa indústria MTS os produtos são padronizados, com elevada procura e custo baixo por se tratar de um volume de produção elevado. Existem poucos novos produtos e os custos relativos à produção são fixos. O *WIP* (*work in progress*) é baixo e os tempos de *setup* são elevados, pelo que é evitado qualquer tipo de paragem. O planeamento é criado, principalmente, em função da capacidade de produção. Por sua vez, numa indústria MTO, os produtos podem ser customizados, originando uma grande variedade de produtos, cada um com uma baixa procura. O custo por produto é elevado e os principais fatores diferenciadores são o tempo de entrega e a qualidade do produto. Os custos de

produção são altamente variáveis. Os tempos de *setup* são consideravelmente mais baixos do que nos casos MTS, porém a intensidade de trabalho é mais elevada. Como se trata de uma indústria personalizável, o volume de produção é baixo e o WIP é elevado, uma vez que o tempo de produção de cada produto é elevado. Este modelo é desencadeado por encomendas, onde as preocupações estão relacionadas com o *design* do produto, a capacidade de mão de obra e a matéria prima disponível.

Tabela 1 - Comparação entre MTS e MTO (Adaptado de Crama, Pochet, and Wera 2001)

	Indústrias de processo - MTS	Indústrias discretas – MTO/ETO
Relação com o mercado		
Tipo de produto	Padronizado	Customizado
Procura por produto	Alta	Baixa
Custo por produto	Baixo	Alto
Fator diferenciador	Preço/garantia de entrega	Tempo de entrega/qualidade do produto
Novos produtos	Poucos	Muitos
Custos	Padrão	Variáveis
Processo		
Flexibilidade	Baixa	Alta
Intensidade de trabalho	Baixa	Alta
Tempos de setup	Altos	Baixos
WIP	Baixo	Alto
Volume de produção	Alto	Baixo
Planeamento e controlo		
Tipo de produção	Para <i>stock</i>	Para encomenda
Planeamento a longo prazo	Capacidade	Design do produto
Planeamento a curto prazo	Utilização da capacidade	Utilização do pessoal
Início do planeamento	Disponibilidade da capacidade	Disponibilidade de matéria prima

2.5 Sistemas de gestão da produção

Neste subcapítulo, serão expostos os sistemas que auxiliam na gestão da produção, explicando os seus conceitos e a sua evolução ao longo do tempo.

2.5.1 Material Requirements Planning

No início da década de 60, registou-se uma evolução tecnológica significativa no que se refere aos computadores, tanto a nível de *hardware* como também de *software*. Esta evolução tornou possível o armazenamento de dados e a utilização de técnicas de planeamento complexos. Muitos dos obstáculos ao desenvolvimento de técnicas de planeamento considerados impraticáveis de se aplicar manualmente foram ultrapassados nesta fase (Orlicky e Plossl 1994).

O MRP permite gerir as atividades da operação produtiva, de modo a satisfazer de forma contínua a demanda dos consumidores, calculando as necessidades líquidas de matérias primas com base numa lista de materiais necessários, tendo em conta os materiais existentes em *stock*. Qualquer operação produtiva requer planos e controlo, mesmo que o grau de detalhe possa variar (Slack, Chambers, e Johnston 2009).

Os métodos tradicionais de controlo do fluxo de materiais, consistiam em fazer a reposição dos stocks de matéria prima e das peças mais usadas, emissão e controlo dos pedidos de componentes específicos para atender às necessidades do sector da produção, junto dos fornecedores. Um MRP permite gerar calendários para as operações de compra de matérias primas e das ordens de trabalho com base nas informações recolhidas de três fontes: a árvore do produto ou BOM (*Bill Of Materials*), o inventário e o plano mestre de produção (MPS) (Orlicky e Plossl 1994).

A BOM é uma base de dados que identifica todos os itens ou materiais que fazem parte do produto acabado. Identifica a natureza dos materiais (comprados ou fabricados), a quantidade e a sua posição na estrutura do produto. A lista está organizada hierarquicamente para que os utilizadores possam facilmente verificar que materiais são precisos para completar cada fase da produção. O inventário fornece informação acerca da quantidade de produtos que se encontram em stock ou já encomendados. O MPS define a calendarização das quantidades a produzir para cada produto acabado, ou seja, define o que será produzido, quantas unidades e quando serão produzidos (Orlicky e Plossl 1994).

Os sistemas MRP consistem num conjunto de dados, técnicas e procedimentos logicamente relacionados e regras de decisão para traduzir um MPS em necessidades líquidas no tempo e ordens para cada componente necessário à implementação do plano (Orlicky e Plossl 1994). Utilizando a informação proveniente do MPS, da BOM e do inventário, o MRP determina os recursos necessários para a produção de determinados produtos para cada instante no horizonte temporal. Primeiramente, são recolhidas as necessidades brutas de materiais, tendo em conta a informação do MPS. De seguida, são calculadas as necessidades líquidas de fabrico ou compra para cada componente ou material do produto acabado com base na BOM e na quantidade existente em stock.

Segundo (Jodlbauer e Reitner 2012), o conceito de MRP tem alguns pontos fracos que o impedem de ser utilizado sem o auxílio de outras ferramentas: assume capacidade infinita das máquinas, assume que os tempos de ciclo da produção são constantes ou dependentes do tamanho do lote, do processo ou do tempo de *setup*, não otimiza os custos de aquisição de matéria prima, nem os níveis de stock mínimo, o que leva a que muitas vezes sejam geradas encomendas pequenas. Na realidade, os tempos de ciclo da produção dependem de muitos fatores e, como demonstrado por Kanet (1986), a utilização de tempos de ciclo fixos resulta no sobreplaneamento de inventário a todos os níveis. Ignorar a capacidade das máquinas resulta em calendarizações impossíveis de realizar, obrigando sempre o utilizador a verificar os dados (Jodlbauer e Reitner 2012). É perceptível, então, que é necessário utilizar uma solução que integre o MRP com gestão e planeamento da capacidade.

2.5.2 *Manufacturing Resource Planning*

Os sistemas *Manufacturing Resource Planning* (MRP II), introduzidos na década de 80, surgem como uma evolução dos sistemas MRP. Estes têm um conceito mais amplo do que o MRP, onde, seguindo a mesma lógica, não só permitem verificar as quantidades e momentos de aquisição ou fabrico de materiais, como também permitem calcular e planear os recursos a serem utilizados, como a capacidade de máquina, recursos humanos necessários e os recursos financeiros (Wallace e Kremzar 2001).

Estes sistemas consistem num método de planeamento efetivo de todos os recursos de uma empresa de produção. São constituídos por uma variedade de processos conectados entre si, nomeadamente: planeamento do negócio, planeamento da produção (planeamento operacional e de vendas), programação mestre da produção, planeamento dos requisitos de materiais e capacidade e sistemas de suporte à execução para a capacidade e materiais. Os *outputs* destes sistemas são integrados com relatórios financeiros, como o plano de negócios, relatório de compromisso de compras, orçamentos para o transporte e projeções de stock em euros (Pittman e Atwater 2016). Segundo Wallace e Kremzar (2001), o MRP II apresenta três grandes diferenças relativamente ao MRP:

- Planeamento de vendas e planeamento operacional: potencia o equilíbrio entre a procura e a oferta ao nível do volume, permitindo aos gestores de topo obter um maior controlo sobre os aspetos operacionais do negócio;
- Interface financeiro: a capacidade de traduzir o plano operacional contabilizado, por exemplo, em peças, unidades de massa e volume para termos financeiros;
- Simulação: capacidade de simular e analisar as diferentes opções para cenários alternativos.

O MRP II prevê uma sequência hierárquica de cálculos, verificações e decisões, com o objetivo de obter um plano de produção viável, com uma boa capacidade produtiva. No entanto, o MRP II apresenta, também, algumas limitações uma vez que é uma ferramenta especializada para atender apenas às necessidades das funções relacionadas com a produção. Os dados e processos não estão integrados com as restantes áreas da empresa, tais como marketing, finanças e recursos humanos. Para contornar estas limitações, surgem na década de 90 os sistemas ERP que visam interligar a produção com as restantes áreas da empresa.

2.5.3 *Enterprise Resource Planning*

Os sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) são sistemas integrados que podem ser utilizados para gerir uma larga variedade de funções dentro de uma empresa, sejam recursos humanos, finanças, contabilidade, produção, marketing, vendas, distribuição, gestão de projetos ou manutenção, entre outros (Bidgoli 2004). A função principal dos ERP consiste na otimização do fluxo de informação entre os vários departamentos de modo a garantir que este é singular, permanente e consistente por toda a organização. Torna possível visualizar todas as transações efetuadas pela empresa, delineando um cenário global de todo o negócio. Adicionalmente, uma base de dados que integra toda a informação permite evitar a redundância de dados, reduzindo assim os problemas de inconsistência (Motiwalla e Thompson 2012).

A utilização dos ERP permite a agilização do fluxo de dados da organização e proporciona acesso direto e em tempo real aos dados introduzidos por todas as áreas da organização, levando a aumentos de produtividade e a uma maior rapidez na tomada de decisões e consequente resposta ao mercado (Davenport 1998).

A partilha de informação permite aos decisores ter uma visão global da informação que precisam, de uma forma viável, consistente e sem muita perda de tempo. O maior acesso à informação permite, ainda, obter melhor conhecimento da realidade da empresa, possibilitando assim a tomada de decisões mais acertadas (Hartmut e Kilger 2008).

Estes sistemas estão divididos em módulos que fornecem suporte às diferentes atividades das empresas. Esses módulos comunicam e atualizam-se numa base de dados principal, de modo a que as informações inseridas num módulo sejam, de imediato, disponibilizadas aos restantes módulos. No entanto, são necessários um conjunto de fatores para que as empresas consigam tirar partido de um sistema tão complexo como o ERP, ou seja, deve existir o apoio da gestão de topo, uma estratégia de negócio ajustada, uma gestão de projeto efetiva e formação dos utilizadores para que se consiga tirar total proveito das capacidades do sistema. Um ERP pode trazer grandes benefícios a uma organização, mas também pode apresentar riscos muito elevados, principalmente quando ocorrem problemas na integração do sistema com os objetivos da organização e com os métodos de trabalho existentes (Davenport 1998).

Existem determinados aspetos numa organização em que um ERP poderá não representar uma solução para o problema. Nomeadamente, a ausência de um mecanismo que possibilite aos gestores ligados à produção efetuar de forma otimizada a alocação de ordens de fabrico por diferentes recursos. Ou seja, apesar de ajudar na automatização de departamentos individuais, um sistema ERP não permite estender os seus benefícios de função de suporte para as funções de ajuda na gestão de pessoas, cargas de trabalho e questões da cadeia de abastecimento. Para possibilitar a resolução deste tipo de problemas específicos, pode optar-se pelo desenvolvimento de módulos que funcionam como extensões aos *softwares* empresariais, podendo ser implementados de forma autónoma.

2.5.4 Manufacturing Execution Systems

O conceito *Manufacturing Execution Systems* (MES) surgiu através da necessidade de as organizações cumprirem com as exigências dos mercados do ponto de vista da qualidade, respeito, reatividade e da redução nos custos e prazos. De acordo com Corrêa e Gianesi (2000), este sistema procura aumentar a dinâmica de sistemas de planeamento da produção que não são capazes de lidar com alguns aspetos, como o lançamento de ordens de produção. Como tal, as funções do MES são principalmente voltadas para as atividades de fabrico, tornando-se assim num sistema de elevado valor para todas as empresas de produção (De Ugarte, Artiba, e Pellerin 2009). Consiste num sistema de informação que lida diretamente com a linha de produção, auxiliando a programação dos equipamentos, enquanto procura fornecer informações aos gestores da produção com a finalidade de contribuir para a tomada de decisões ao nível estratégico e operacional, e consequentemente, aumentar a qualidade e produtividade das linhas de produção. Neste sentido, o sistema extrai dados ao nível do chão de fábrica. O MES é responsável pela ligação entre o sistema de planeamento da produção e o sistema de controlo dos equipamentos (Chung e Jeng 2002).

O sistema MES fornece informações para o processo, dentro de uma escala curta de tempo, que vai de minutos a semanas, ao nível de chão de fábrica. Já os sistemas ERP operam como integradores das informações de produção, numa escala de tempo de dias, semanas, meses ou anos, atuando normalmente ao nível corporativo. O principal objetivo destes sistemas consiste em recolher e executar informações em tempo real das operações, bem como recolher informação necessária para a criação de relatórios fundamentais para auxiliar a tarefa de tomada de decisão em qualquer área operacional. O MES permite recolher dados fiáveis e imediatos acerca da quantidade de produtos produzidos e detetar os motivos de paragens de máquinas, falta de matéria-prima, entre outros.

O MES trabalha com dados provenientes do sistema ERP, como por exemplo ordens de fabrico, integrados com as operações do setor produtivo. Convém salientar que o MES

compara os dados obtidos ao nível do Chão de fábrica com os dados fornecidos pelo ERP, na medida de consolidar os relatórios gerados para a tomada de decisão acertada (Mimoso 2018).

2.5.5 Advanced Planning and Scheduling

Cada vez mais, as empresas necessitam de lidar com uma crescente variedade de produtos a produzir, com tamanhos mais reduzidos de lotes e prazos de entrega mais curtos.

O aumento do número de produtos personalizados e a diminuição na duração do ciclo de vida dos produtos incrementam a complexidade do processo produtivo e dificultam o planeamento e a calendarização da produção. Por outro lado, a redução do tamanho dos lotes de produção provoca um impacto significativo nos tempos de *setup* das máquinas (recursos) diminuindo a sua produtividade. Esta análise permite ter a perceção das dificuldades que as empresas encontram, atualmente, em dar resposta às necessidades dos clientes (Silva 2011). Segundo o autor, algumas empresas procuram adotar medidas com o intuito de tentar ultrapassar essas dificuldades, nomeadamente:

- Aumentar o stock de produtos acabados, com o objetivo de fazer diminuir os tempos de entrega, aumentando significativamente os custos de posse do stock.
- Adquirir mais recursos de produção com a finalidade de aumentar a capacidade produtiva, o que conduz a aumentos dos custos fixos de produção;
- Aumentar o stock de matérias primas procurando diminuir a probabilidade de um recurso ficar parado por falta de material, o que faz aumentar os custos de posse.

Em muitos casos, estas tentativas acabam mesmo por agravar a situação, comprometendo a capacidade de resposta da empresa face ao aumento da procura. Com os avanços tecnológicos, foi possível o desenvolvimento de sistemas informáticos robustos, com a capacidade de obter resultados mais precisos, alterando a forma como as empresas encaram o planeamento da produção. Com os sistemas APS, as empresas conseguem ter a possibilidade de automatizar o processo de alocação das ordens de fabrico, otimizando os resultados, diminuindo as probabilidades de erro humano, melhorando, assim, o processo de tomada de decisão.

A designação *Advanced Planning and scheduling* (APS), de acordo com a definição fornecida pela *Association for Operations Management* (Pittman e Atwater 2016), abrange um conjunto de ferramentas e técnicas que lidam com a logística e com a produção a curto, médio e longo prazo. A sua aplicação estende-se desde o nível estratégico até ao operacional.

Trata-se de um sistema informático que utiliza algoritmos matemáticos avançados ou lógicos que permitem otimizar ou simular a programação de capacidade finita, planeamento de capital, planeamento de recursos, gestão da procura, entre outros. Estas técnicas e ferramentas consideram, simultaneamente, várias restrições e regras do negócio de modo a providenciar, em tempo real, o planeamento e a programação da produção servindo, assim, de suporte à decisão. Um sistema APS é capaz de considerar praticamente todas as variáveis e restrições inerentes ao sistema produtivo, gerando planos para a produção com elevado grau de confiança e precisão (Faé e Erhart 2005).

Estes sistemas surgiram devido à necessidade de métodos de planeamento e programação mais robustos, quer a nível tático quer a nível operacional. Os sistemas APS procuram ultrapassar as limitações existentes nos ERP. Nesse sentido, através de técnicas de resolução de problemas, como a programação linear, programação por restrições e algoritmos evoluídos para aprimorar/otimizar o planeamento e o sequenciamento da produção, torna-se possível alcançar os objetivos das organizações (Faé e Erhart 2005). Segundo Musselman e Reilly (2002), os sistemas APS servem de suporte a todos os níveis de planeamento ao longo da cadeia de abastecimento, analisando a limitação de recursos. Para tal, estes sistemas

necessitam que lhes sejam fornecidos vários dados, como a dimensão da encomenda, a data de entrega prometida ao cliente, a capacidade disponível, o tipo de produto, entre outros.

Por vezes, um APS pode ser subdividido em duas ferramentas. Uma focada no planeamento a médio/longo prazo (AP) e outra direcionada principalmente para o sequenciamento, numa análise a curto prazo (AS). Existe, assim, a possibilidade de implementar um modelo global que cobre os dois aspetos ou apenas um dos modelos, que são distinguidos na Figura 10.

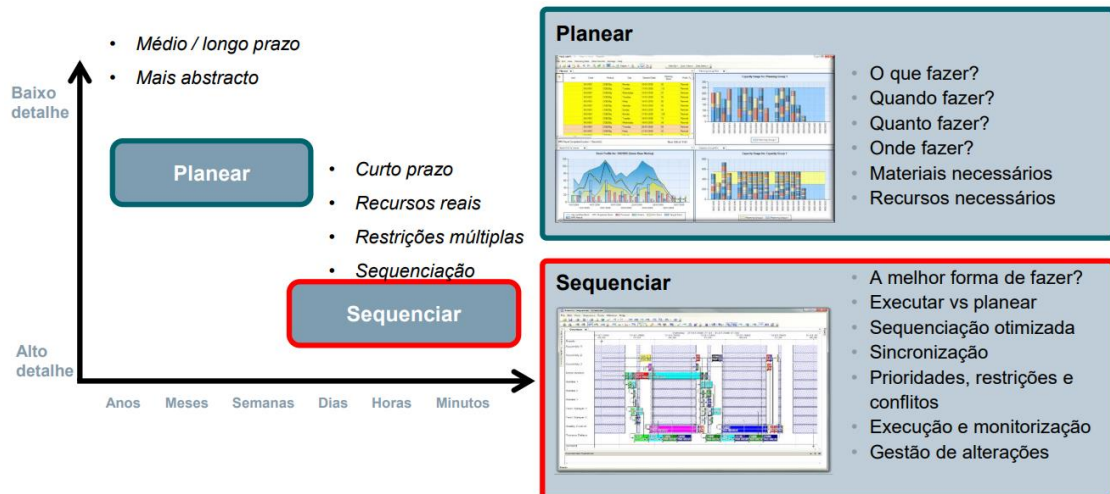


Figura 10 - Comparação de planeamento e sequenciamento (Sothis 2020)

Na Figura 11 estão representados os principais módulos dos sistemas APS, na sua globalidade, apresentando-se, de seguida, os objetivos principais de cada módulo.

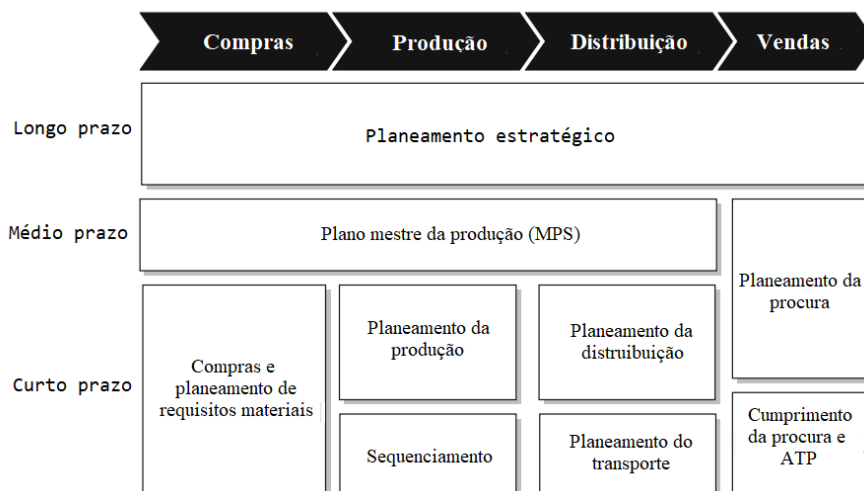


Figura 11 - Módulos de um APS (Adaptado de Hartmut e Kilger 2008)

O planeamento estratégico abrange todos os processos de planeamento a longo prazo, com maior ênfase no suporte à decisão relativamente à localização das unidades fabris ou armazéns, escolha de fornecedores e outros atributos da cadeia de abastecimento. Assume como principais objetivos maximizar os resultados das operações e também diminuir o risco inerente à tomada de decisões. Este planeamento consiste no estabelecimento de objetivos e políticas apropriadas aos recursos da organização que se traduzam em resultados operacionais eficientes, permitindo adquirir vantagens competitivas. O planeamento estratégico antecede o planeamento de produção, e é realizado tendo em conta os objetivos e metas da organização, permitindo compreender a melhor forma de os concretizar (Hartmut e Kilger 2008).

O planeamento da procura agrega o planeamento estratégico e o planeamento a médio prazo das vendas. O módulo cumprimento da procura, *available to promise* (ATP), é utilizado no planeamento de vendas a curto prazo, por exemplo, quando é realizada uma promessa relativamente à entrega do produto acabado.

O plano mestre da produção (MPS), pode ser considerado o centro dos módulos de planeamento, onde os diferentes recursos da cadeia de abastecimento são levados em consideração no nível de planeamento a médio-prazo. Neste nível, ocorre a transformação das encomendas em ordens de produção dos produtos acabados. Esta transformação é função das encomendas, dos prazos de entrega acordados com os clientes, da política de produção e, também, da disponibilidade de capacidade. As ordens de fabrico, após serem tratadas no MPS, que é responsável por gerar as quantidades e a data de produção de cada artigo, são então comparadas com a capacidade da fábrica (Chase, Aquilano, e Jacobs 2006).

O MPS remete a informação diretamente para o módulo de planeamento detalhado de materiais. No caso de empresas em que a variedade de produtos é limitada, estas podem especificar taxas de produção para criar esses planos. Por sua vez, no caso de empresas onde a variedade de produtos é elevada, constituídos por vários componentes, o planeamento detalhado de materiais pode recorrer ao MRP. Este faz planos, período a período, para todos os componentes e matérias primas necessárias na produção dos produtos listados no MPS (Carlos e Pires 2004).

O planeamento da produção e o sequenciamento abrangem processos como o dimensionamento de lotes, a programação das máquinas e o controlo do chão da fábrica. O planeamento da distribuição e o planeamento do transporte lidam com os processos de distribuição do produto acabado a médio e a curto prazo. O módulo de compra e planeamento de requisitos de materiais, está relacionado com os processos de aquisição de materiais a médio e curto prazo (Hartmut e Kilger 2008).

Dos módulos acima apresentados, o mais importante para o tema desta dissertação é o módulo do sequenciamento. A programação da produção consiste no sequenciamento das operações e materiais de acordo com o que foi planeado produzir. O objetivo é fornecer ordens de fabrico sequenciadas sob restrições, possivelmente mais apuradas do que as consideradas no plano (*setups* dependentes da sequência, manutenções programadas, restrições adicionais do operador), e, ao mesmo tempo, tentar cumprir as datas do plano. Permite carregar eficientemente os centros de trabalho e fornecer um sequenciamento mais criterioso. Permite produzir um cronograma para as atividades de produção restringido pelo material e pela capacidade dos centros de trabalho (Salvendy 2001). Devido ao elevado número de variáveis envolvidas ao longo do processo produtivo e à sua capacidade de influenciar e/ou entrar em conflito com os objetivos de desempenho definidos pelas empresas, esta tarefa é uma das mais complexas no campo da gestão da produção (Musselman e Reilly 2002).

É importante salientar que os sistemas APS não substituem outros sistemas já implementados. São sistemas desenvolvidos para serem integrados com os sistemas ERP e/ou MES para melhorar o planeamento da produção e o sequenciamento a curto prazo. Podem, de facto, ser implementados sem estes sistemas, no entanto a sua implementação fica mais complicada, uma vez que torna necessário que a empresa onde será feita a implementação crie um sistema que armazene e trate a informação necessária para poder enviar ao sistema APS. Ou seja, ambicionam ser uma extensão dos sistemas ERP e MES, sendo ao mesmo tempo um sistema de apoio à decisão (SAD). Na figura 12, estão dispostos os processos realizados no planeamento, produção e controlo, com os seus respetivos resultados ou objetivos e as ferramentas envolvidas na sua realização.

	PROCESSO	RESULTADO	FERRAMENTAS
PLANEAMENTO	Plan. estratégico	Orçamentos Previsão	ERP
	Planeamento vendas e operações	Plano de vendas	
	Programação/Sequenciação	Plano geral da produção	ERP / APS
PRODUÇÃO		Ord. encomenda Ord. produção	MRP / APS
	Gestão de turnos	Programação da produção	APS
	Análise de disponibilidade M.P.		
	Disponibilidade de recursos e restrições		
CONTROLO	Gestão da execução	Controlo da produção	MES
	Notas		
	Gestão da qualidade		
	Instruções Elet. trabalho		

Figura 12 - Análise dos processos e ferramentas a eles associados (Sothis 2020)

Fazendo uma análise temporal, através da análise da Figura 13, é possível verificar de forma ainda mais detalhada a interligação entre o MES e o APS, bem como as suas principais funções e sequências lógicas.

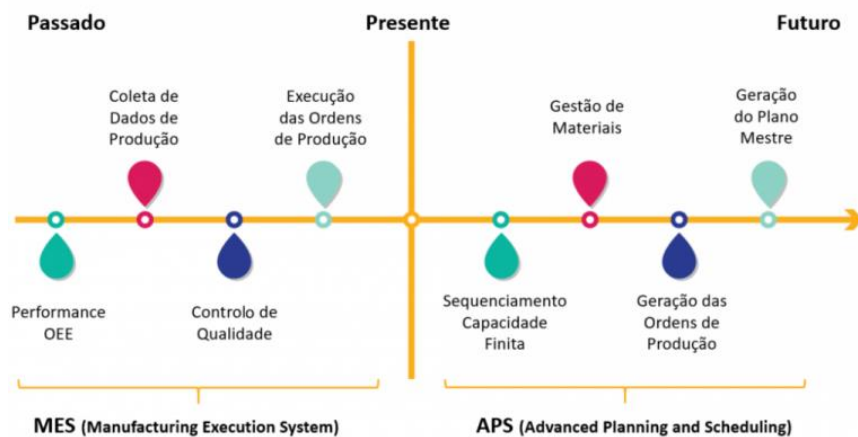


Figura 13 - Interligação entre o APS e o MES em função do tempo (Acedido 12 de Novembro de 2020. <http://neoep.com.br/2018/10/29/aps-mes-o-que-cada-um-oferece>)

Segundo Entrup (2005), existem vários benefícios que podem ser obtidos com o uso de sistemas APS, destacando-se os seguintes:

- Redução de Stock;
- Redução do produto semi-acabado;
- Aumento da produtividade e ao mesmo tempo *lead times* mais curtos;
- Considera as restrições de capacidade e as sequências operacionais na programação das atividades de produção;
- Gestão mais rápida e eficiente de pedidos urgentes e pedidos alterados;
- Planeamento em tempo real a curto-prazo;
- Melhor visibilidade e comunicação entre as diferentes áreas na empresa.

De acordo com o mesmo autor, um dos pontos fortes dos sistemas APS é a capacidade de simulação, num curto período, de vários cenários de planeamento que permitem comparações entre cenários e análises das implicações de cada um, auxiliando, assim, a tomada de decisão.

Uma vez que o APS tem por base um algoritmo baseado em restrições e um algoritmo de otimização, possibilita que as empresas otimizem os planos de acordo com os seus objetivos e criem planos que satisfaçam diferentes objetivos em simultâneo. A visibilidade das ordens de fabrico é, também, aumentada permitindo uma redução do *lead time* e um aumento na exatidão da entrega. A otimização procura a melhor combinação de decisões. O plano de otimização sugere quais matérias primas, a sua quantidade e quando devem ser encomendadas de modo a cumprir com o estabelecido. Pode, também, sugerir onde obtê-las, dentro da empresa ou recorrendo a fornecedores, rotas e recursos, quantidades necessárias para a produção e as compras, escolha da lista de materiais e níveis de stock de segurança, tendo sempre em consideração a relação proveito-custo. O plano de otimização tem por base uma perspetiva do custo, o que nem sempre resulta num plano de produção ótimo, uma vez que existem custos que são difíceis de modelar de um modo satisfatório.

Em oposição, o planeamento com base em restrições não assenta nos mesmos pressupostos e decisões e é extremamente complicado para o decisor gerar um plano com base em restrições e posteriormente traduzir isto num plano otimizado. O APS gera os planos com base nas seguintes restrições:

- Máquina: Capacidade; *setup*; sequência;
- Material: Disponibilidade, stock de segurança;
- Operadores: Capacidade de trabalho, calendários de trabalho;
- Dinheiro: Custo;
- Método: Minimização dos tempos de espera; cumprir prazos de entrega.

Deste modo, o APS fornece ao decisor a capacidade de saber quando tem de começar a produzir cada ordem de fabrico, em que máquina, em que operação de sequência, por forma a atingir o objetivo de produzir dentro do prazo estabelecido. Segundo Faé e Erhart (2005), o sistema APS é uma ferramenta apropriada para o planeamento e programação avançada, uma vez que considera as diversas variáveis, destacando as principais características.

- Capacidade finita: A capacidade efetivamente disponível dos recursos produtivos e as restantes restrições do processo (máquinas e operadores, por exemplo) são consideradas, analisando as disponibilidades;
- Relacionamento entre ordens: As ordens de produção de diferentes peças que compõem um produto, estejam elas sumarizadas ou não, podem ser vinculadas com relações de precedência. Desta forma, o atraso na produção de um subcomponente pode ser refletido na programação das operações de um produto acabado, tornando as programações realistas e dinâmicas.
- Reprogramação: Os imprevistos e as alterações no andamento da produção durante a execução das ordens são considerados para que seja feita a atualização dinâmica e a reprogramação das operações.
- Simulação de cenários: Diferentes cenários de sequenciamento podem ser gerados a partir de modificações de critérios de programação, parâmetros de restrições ou alterações manuais. Os resultados previstos dos diferentes cenários podem ser comparados a partir de diversos objetivos de desempenho para estabelecer a melhor condição de produção antes de selecionar o sequenciamento.
- Promessa de entrega: Prazos de entrega para o atender à encomenda de um cliente podem ser simulados avaliando a disponibilidade de capacidade (ATP) e disponibilidade de *stocks* (*Capable To Promise* – CTP).

- Regras de sequenciamento: Heurísticas e algoritmos de otimização que consideram diversas restrições e diferentes critérios de programação.

2.6 Fatores de decisão no planeamento e controlo da produção

De acordo com Nigel Slack, Chambers, e Johnston (2002), as decisões tomadas no planeamento e controlo da produção (PCP) devem considerar uma relação adequada entre a produção e a procura. Ou seja, dentro da disponibilidade de recursos, deve ser produzida a quantidade adequada, no tempo apropriado e com a qualidade esperada. Deste modo, é necessário considerar três atividades na tomada de decisões, sendo decisivas para viabilizar o PCP de uma empresa:

- Capacidade

A capacidade produtiva consiste no volume máximo de produtos que podem ser produzidos por um dado centro de trabalho, num determinado período (Moreira 2008). Existem dois conceitos importantes relacionados com a capacidade produtiva: capacidade finita e capacidade infinita, que estão representados na Figura 14. O conceito de capacidade finita indica a existência de um limite pré-estabelecido para a alocação de trabalhos a um centro de trabalho. A este limite dá-se o nome de capacidade de trabalho e pode ser definido por variáveis como o número de operários, a capacidade produtiva de uma máquina, horas de trabalho. Por outro lado, no caso de capacidade infinita não existe um limite máximo para a alocação de trabalhos a um centro de trabalhos, ou seja, o posto de trabalho tenta corresponder a todo o trabalho a ele alocado.

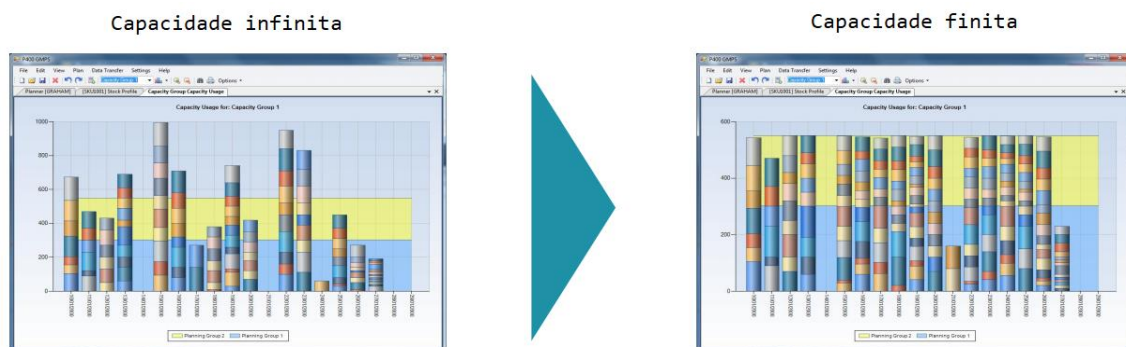


Figura 14 - Comparação gráfica da capacidade finita e infinita (Sothis 2020)

- Sequenciamento

Independentemente de se utilizar capacidade finita ou infinita, é necessário tomar decisões relativamente à sequência em que os trabalhos serão executados nos centros de trabalho disponíveis para a sua realização. Segundo Nigel Slack, Chambers, e Johnston (2002) sequenciamento consiste em determinar a ordem em que as várias operações serão tratadas. Uma regra de sequenciamento consiste num procedimento que permite ordenar as ordens de fabrico, tendo por base um determinado parâmetro de modo a estabelecer prioridades. Estas regras procuram alcançar um objetivo, expresso através de um certo critério de otimização para o problema em causa. Segundo Bou Shaala, Shouman, e Esheem (2012), as seguintes regras de prioridade são as mais comuns e utilizadas na indústria.

- *Preferred Customer Order (PCO)*

A ordem de produção de um cliente considerado prioritário é processada primeiro.

- *Shortest Processing Time (SPT)*

As operações são processadas por ordem crescente de tempos de processamento. Permite uma redução das filas de espera.

➤ *Longest Processing Time (LPT)*

As operações são processadas por ordem decrescente dos respetivos tempos de processamento.

➤ *Critical Ratio (CR)*

As ordens de fabrico devem ser processadas por ordem crescente de um rácio definido pela diferença entre a data de entrega e o instante atual dividido pelo tempo de processamento restante.

➤ *First Come First Served (FCFS)*

As ordens de fabrico são processadas de acordo com a ordem de chegada ao centro de trabalho. A primeira a chegar é a primeira a ser processada. Esta regra visa minimizar o tempo de permanência na máquina, ou na fábrica.

➤ *Least slack (LS)*

Slack Time, ou tempo de folga, é a diferença entre o tempo restante até à data de entrega e o tempo de processamento restante.

➤ *Earliest Due Date (EDD)*

As ordens de fabrico são processadas por ordem crescente das datas de entrega (data prometida ao cliente). Esta regra prioriza as ordens mais urgentes e visam reduzir quer atrasos, quer o maior dos desvios entre as datas de conclusão e as datas devidas.

➤ *Least Work Remaining (LWKR)*

A prioridade de processamento é dada à ordem de fabrico com o menor valor da soma das durações das operações ainda por realizar.

➤ *Most Work Remaining (MWKR)*

A prioridade de processamento é dada à ordem de fabrico que tem o maior valor da soma das durações das operações ainda por realizar.

As regras de sequenciamento ideais dependem diretamente do objetivo definido pela organização. O modo de verificar qual a regra mais adequada para um determinado objetivo consiste na utilização de critérios de desempenho. Estes critérios são aplicados ao nível da utilização dos recursos, do cumprimento dos prazos de entrega e, ao nível do stock. Quando é utilizado um sequenciamento apropriado, com as regras, prioridades e variáveis bem definidas, são conseguidas melhorias importantes, nomeadamente na:

- Minimização do *makespan*. O *makespan* corresponde ao instante final da última ordem de fabrico, ou seja, é o tempo em que a última tarefa que está a ser processada na máquina termina.
- Redução da *Lateness*. Para uma dada encomenda, é a diferença entre a data de entrega e a data de conclusão. Se for positiva, significa que a produção de uma tarefa acaba antes da data de entrega e, nesse caso, trata-se de um adiantamento. Caso seja negativa, significa que se acaba a tarefa depois da data de entrega e, nesse caso, trata-se de um atraso.

- Programação

Após determinar a sequência dos trabalhos a executar é necessário programar, ou seja, atribuir um tempo inicial e final às tarefas. Deste modo, programar consiste em atribuir as várias restrições da operação ao sequenciamento, ao longo do tempo. Apesar de existirem diversos tipos de programação distintos, apenas serão abordados os tipos mais utilizados na indústria, a programação para a frente (*forward scheduling*) e a programação para trás (*backwards*

scheduling), exemplificados na Figura 15. Segundo Kumar e Suresh (2008), a programação para a frente determina os tempos de início e fim da próxima operação considerada prioritária. Atribui o primeiro intervalo de tempo em que o posto de trabalho se encontra disponível e, a partir desse instante, determina a operação será concluída. Permite obter uma elevada ocupação dos operadores e uma programação mais flexível. A programação para trás determina as datas de início e de conclusão para as operações em espera, atribuindo-as ao último intervalo de tempo disponível que permite que cada trabalho seja concluído apenas na data em que o produto acabado é necessário. Com esta programação existe uma menor exposição ao risco, no caso de alterações na encomenda pelo cliente, e menor custo com materiais, focando a operação nas datas acordadas com o cliente.

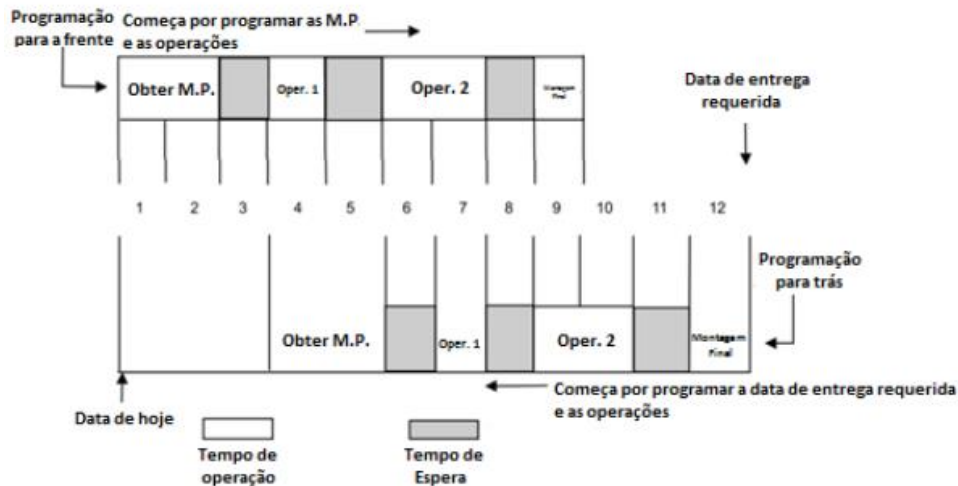


Figura 15 - Sequenciamento para trás e para a frente (Mimoso 2018)

2.7 Otimização combinatória

Os problemas de loteamento e sequenciamento em ambientes industriais enquadram-se numa classe de problemas de otimização combinatória, devido à sua elevada complexidade em termos computacionais. Um problema de otimização combinatória surge quando é necessário determinar as soluções ótimas em tempo considerado útil, respeitando um determinado conjunto de restrições. De acordo com Osman e Kelly (1997), os problemas de otimização combinatória são descritos como fáceis de descrever, mas difíceis de resolver. Segundo os autores, a otimização combinatória consiste no estudo matemático para encontrar uma combinação, agrupamento, ordenação ou seleção ótima de objetos discretos usualmente finito em números. Um algoritmo é eficiente se a sua complexidade temporal crescer de forma polinomial e não de forma exponencial com a dimensão do problema. Deste modo, é possível dividir os problemas em três tipos de categorias:

- P. Conjunto de problemas para os quais existe um algoritmo eficiente que cresce em tempo polinomial;
- NP-Hard (*Nondeterministic Polynomial time*). É um tipo de problema para o qual não existem algoritmos eficientes que permitam a sua resolução em tempo polinomial, ou seja, torna-se impossível testar todas as soluções possíveis em tempo computacional útil;
- NP-Complete (*Nondeterministic polynomial-time complete*). Subconjunto de problemas NP em que, caso seja encontrado um algoritmo polinomial, consequentemente existe um algoritmo polinomial para qualquer problema NP. Esta categoria engloba os problemas considerados intratáveis.

3 Descrição da situação inicial e definição de critérios de avaliação

Neste capítulo, será analisado todo o processo produtivo da TFS, com foco no *hand tufting*, uma vez que este representa uma percentagem muito significativa do volume de negócios da empresa. Será apresentado o fluxo produtivo com as respetivas operações, os sistemas de informação utilizados, de modo a descrever o estado atual e procurar oportunidades de melhoria.

Serão, também, identificados os problemas e dificuldades atuais, o que permite realizar uma primeira análise à possibilidade de implementação de um APS, e às soluções que este apresenta. Serão analisadas as necessidades de informação requeridas pelo APS de modo a poder gerar sequenciamentos corretos.

3.1 *Hand tufting*

Inicialmente é fundamental entender o processo produtivo da TFS relativo ao *hand tufting*, que será o alvo de análise na presente dissertação. Tudo é desencadeado quando um cliente contacta a empresa no sentido de adquirir uma carpete. Numa primeira instância o departamento comercial procura entender o que o cliente procura de modo a poder transmitir essa informação ao departamento de design. Este departamento cria um modelo em *Artwork* que é, imediatamente, enviado para aprovação do cliente. Após obter a aprovação do cliente é lançada a ordem de produção e iniciada a vetorização onde são criados os ficheiros que dão a informação do trajeto que o robô terá de executar nas respetivas *layers*. Cada *layer* representa a injeção de um tipo de fio de uma cor, deste modo, se for injetado um fio diferente, ou uma cor diferente trata-se de uma nova *layer*. Os ficheiros criados na vetorização representam o trajeto que o robô irá realizar durante a injeção. O tempo de vetorização depende da complexidade da carpete que está relacionada com a quantidade de cores utilizadas, o tipo de fio, tamanho da carpete.

Posteriormente, a encomenda passa pelo setor do planeamento, responsável pelo sequenciamento da injeção dos robôs, onde é definido o roteiro, criado o mapa de injeção, é registado o robô onde vai decorrer a injeção, a estrutura e as fichas de produção (PROD). Cada robô tem uma sequência diária definida manualmente, disposta num diagrama de Gantt, onde é procurado maximizar o seu tempo de funcionamento. No armazém, paralelamente à operação do planeamento, é feita a reserva da matéria prima e procede-se à saída do fio para a produção.

A fase seguinte é a produção da encomenda. O fluxo de produção começa com a colocação de tela numa estrutura. Para esta etapa é necessário ir buscar uma estrutura livre com as dimensões pretendidas e levá-la para junto do elevador onde se vai realizar a tarefa. De seguida, é cortada a tela com as dimensões pretendidas, podendo então iniciar-se o procedimento de colocação da tela.

Antes de iniciar a injeção de uma carpete nova é necessário assegurar que existe uma tela preparada e que o fio já veio do armazém para a produção. O operador, após fazer as

verificações referidas, inicia a preparação do robô, faz o download do ficheiro teste e inicia o teste do ponto para o acertar. Após o acerto do ponto é feito o download do ficheiro de injeção, validado o fio e verificados os sensores. Inicia-se, então, a injeção do fio na tela. Ao longo desta operação existem algumas paragens, nomeadamente quando o fio acaba é necessário proceder à troca da bobine. A lâmina deve ser substituída de 45 em 45 minutos, sendo necessário afiar a lâmina que se retirou do robô. No final da injeção os operadores vão imprimir a etiqueta e ficha de produção que são anexadas à estrutura.

Após a injeção, a carpete tem de passar pela retificação, onde é analisada cuidadosamente e são corrigidas eventuais falhas do robô através de alinhamentos e preenchimentos.

Garantindo que a carpete já não tem falhas pode então efetuar-se a colagem, que consiste em aplicar colinha, isolante e por fim rede e cola, seguindo esta ordem. Em alguns tipos de fio específicos existem ligeiras alterações nesta operação, como por exemplo a necessidade de levar duas redes ou não levar isolante. Por norma enquanto um operador está a dar colinha e aplicar isolante, que são operações relativamente rápidas, outro operador vai cortar a rede para no final colocarem os dois a rede e aplicarem cola.

Estando a colagem concluída, inicia-se a etapa da secagem onde são colocadas ventoinhas atrás das carpetes para acelerar o processo que tem como tempo mínimo 20 horas.

Passado o tempo necessário pode, então, baixar-se a carpete. Após esta etapa a estrutura fica novamente livre e pronta para proceder à colocação da tela novamente e reiniciar o processo. Após esta operação, a carpete segue para a secção dos acabamentos.

Nos acabamentos, inicialmente as carpetes são aparadas. Existem duas máquinas a aparar em simultâneo com o objetivo de uniformizar a altura do fio e, consequentemente melhorar o aspeto da carpete.

A operação seguinte é a colocação da fita. Nesta operação existem três operadores a trabalhar simultaneamente. São feitas as dobras laterais e é colocada uma fita que pode levar a marca TFS ou ser personalizada e levar a marca do cliente.

De seguida, o tapete é escovado e corrigido por uma equipa de dois operadores. Ao longo destas operações é sempre feito um controlo das especificações para garantir que a carpete apresenta a qualidade exigida.

A carpete é, então, aspirada, sendo feita uma última inspeção para garantir que o tapete cumpre os requisitos e está em condições de ser enviado para o cliente, operação que apenas exige um operador.

Finalmente, a carpete é enrolada e embalada numa máquina de embalamento que exige o trabalho de dois operadores. É aplicada uma tensão constante ao longo do enrolamento, garantindo um embalamento uniforme e sem folgas. Após ser embalada, a carpete fica pronta para ser expedida para o cliente.

O fluxo deste processo está descrito graficamente na Figura 16.

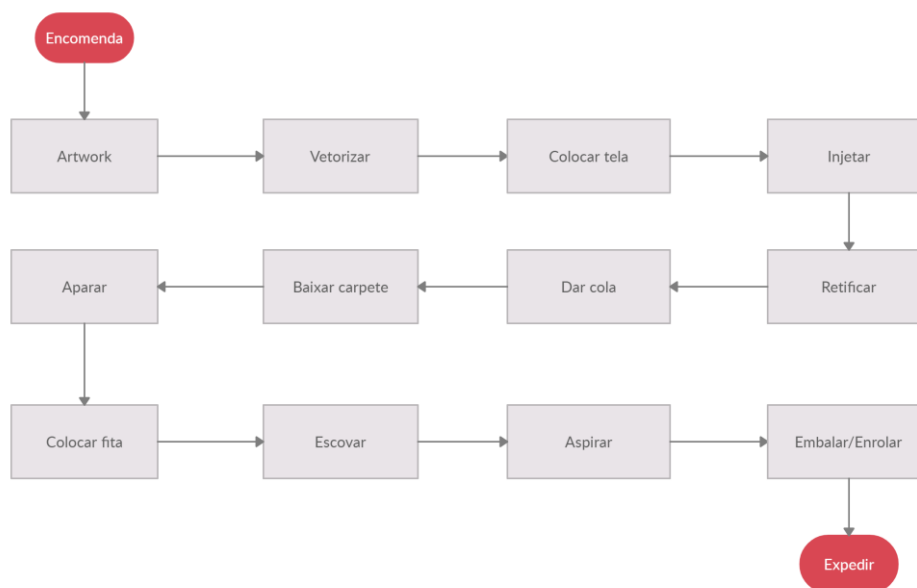


Figura 16 - Processo produtivo de uma carpete

Uma vez que existem diversas operações para as quais não existe sequenciamento nem planeamento, os operadores nem sempre têm o total conhecimento da ordem ideal pela qual devem efetuar as suas tarefas. Por vezes, devido a falta de espaço ou tempo, é necessário acelerar alguns processos de modo a abrir espaço para novas estruturas ou para cumprir as datas estipuladas. Esta aceleração pode levar a algumas falhas adicionais que terão de ser corrigidas noutras etapas. Não havendo uma sequência lógica definida que todos devem respeitar, o fluxo de produção fica mais desorganizado, levando a uma menor eficiência e menor aproveitamento do tempo, uma vez que certas operações ficam mais propensas a paragens devido à falta de informação ou informação tardia, o que também acaba por originar maiores tempos de espera. Deste modo, fica evidente que com um nível de planeamento mais aprofundado os operadores poderão ter uma eficiência superior e um aproveitamento útil do tempo superior, com menores tempos de paragem e maior organização.

Atualmente, os operadores de robôs são os que têm maior controlo sobre a sua operação, uma vez que a injeção tem um departamento dedicado ao seu planeamento. Isto permite aos operadores saberem a sua sequência de trabalho, tempos de início, tempos finais da operação esperados. Assim, tirando situações em que o robô tem problemas ou imprevistos, os tempos e as sequências previamente estabelecidos por norma são cumpridos. Porém, algo que também é importante salientar é o facto de este planeamento ser construído manualmente, para 13 robôs e pelo menos com uma semana de operações alocadas que por norma representam mais de 50 operações. Com valores tão elevados é difícil conseguir obter um planeamento otimizado, algo que com a aquisição de novos robôs e expansões futuras da fábrica se tornará ainda mais ineficaz.

3.2 Sistemas de informação

A TFS, para a monitorização dos seus processos e operações, recorre a dois sistemas – Primavera e REC.

O primeiro a ser implementado foi o Primavera, um ERP que reúne numa só plataforma toda a informação necessária ao seu funcionamento, desde gestão de recursos humanos, contabilidade, planeamento da produção e gestão de inventário em tempo real. Este sistema foi implementado na Ferreira de Sá em 1998, com a utilização de uma base de dados em MS Access, evoluindo em 2003 para um *Back-End* em SQL Server.

Para além de permitir o acesso de todos os colaboradores aos mesmos dados, torna mais automatizada e organizada a gestão da empresa, pois reduz o erro humano.

O módulo de Produção permite a elaboração de fichas técnicas, da BOM, o controlo dos centros de trabalho, o cálculo de necessidades, o planeamento da produção, a criação de ordens de fabrico, obter informações sobre as paragens, a rastreabilidade do processo, entre outras funções.

É com base no Primavera que foi criado o *Gantt* relativo à injeção, demonstrado na Figura 17, atualizado diariamente na secção do planeamento. Este diagrama permite definir o planeamento teórico dos mapas de produção e, ao mesmo tempo, comparar com a evolução em tempo real. São utilizadas várias cores distintas com a finalidade de distinguir mapas de produção quanto à disponibilidade de fio, término da vetorização e representar atrasos.

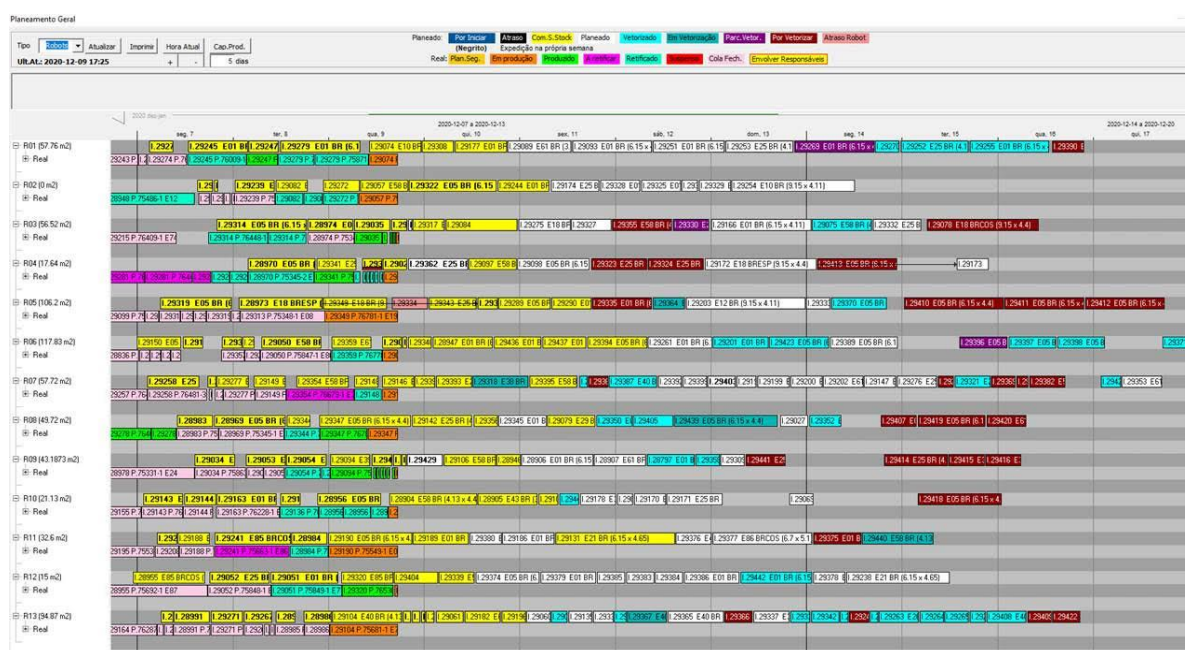


Figura 17 - Diagrama de *Gantt* (TFS)

No *Gantt*, estão dispostos todos os robôs disponíveis, com duas linhas associadas a cada um. A linha superior é referente ao planeamento teórico e a linha inferior ao progresso real da injeção. Através do uso de diferentes cores é possível verificar nomeadamente se existe ou não stock para o mapa de injeção, se a vetorização está concluída, se existem atrasos, se o mapa está em produção ou se já se encontra produzido. Geralmente o planeamento é feito com uma semana de horizonte temporal.

Mais tarde, em 2013, foi desenvolvido um MES, o REC. Este sistema interno permitiu um maior controlo da produção, ao monitorizar todas as operações desde que é realizada a encomenda de um tapete até à sua expedição, permitindo que em cada fase do processo produtivo, o colaborador consiga aceder a informações relevantes nas fases anteriores da produção. Torna-se, assim, o elo entre o planeamento, de onde chegam as instruções daquilo que será produzido e quando o será, o armazém e a produção, para onde são levados os lotes escolhidos para a produção de um tapete. Esta ferramenta permitiu à empresa especializar-se em produtos complexos, uma vez que estes sistemas permitem controlar os erros, ao conseguir identificá-los de uma forma rápida e fácil e, assim, de atuar em concordância. O REC possui quatro módulos: produção, manutenção, etiquetas e receção de mercadorias.

3.3 Mapas e ordens de produção

Na Figura 18, é apresentado um modelo de um mapa de produção, que acompanha a estrutura desde a operação da injeção até que é expedida. Isto permite que os operadores possam consultar informações relevantes sobre as fichas de produção (PROD) presentes no respetivo mapa. Cada carpete está associada a uma PROD única. Um mapa pode conter uma ou mais PROD, dependendo do número de carpetes que são injetadas na mesma tela, algo que é definido no planeamento de modo a poupar tempo e aproveitar ao máximo a tela usada. Idealmente, seria preferível utilizar as estruturas com maiores dimensões e preenchê-las com carpetes grandes ou várias carpetes pequenas, o que permitiria diminuir o tempo perdido em transportes e diminuir o número de estruturas necessárias. Porém, diferentes prazos de entrega, diferentes necessidades de fio, tipos diferentes de injeção de fio são algumas das variáveis a ter em conta quando se procura associar várias PROD a um mapa, o que origina a que, cada vez mais, cada tela contenha apenas uma carpete.

Mapa Injeção Nº 16198-01					
Robot-Tufted					
Data/Hora		Responsável			
27/09/2018 16:30		RUBEN CORREIA			
Dim. Tela (Lrgx Cmp)	Tipo Tela	Estrutura	Robot		
3,13 x 3,20	Normal (60/60)	E37	R01		
Observações					
Nº Plan.	Ficha Prod.	Encomenda	Data Ent.	Medida	Med. c/Aum.
					
16198-01-01	PROD-44974-1	ECL 1801457/2018E (22)	18/10/2018	300,00 x 300,00	302,00 x 302,00 RUBEN CORREIA
ASTRO - PALETTE ANTHRACITE - NA COR T125					
Revisão	Fio no Robot	Injetado	X Inicial	Y Inicial	
☐		☐			

Figura 18 - Mapa de injeção (TFS)

Na Figura 19, está representado um exemplo de uma PROD, com informações bastante mais detalhadas sobre a carpete, tais como o prazo de entrega, dimensões, tipo de injeção, fio utilizado, observações importantes. Em cada operação, os operadores abrem no REC a respetiva PROD, iniciando e fechando a operação nos tempos devidos. Isto permite que, inserindo a PROD no REC seja possível acompanhar todo o seu progresso, os tempos de cada operação, os tempos de espera e a sua última etapa.

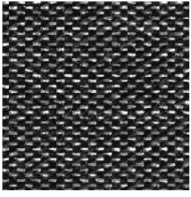
FICHA PRODUÇÃO						Resp: DANIELA SOUSA		
HAND-WOVEN								
Ficha nº	Data	Encomenda	Lin.	Entrega	Clt.	Lado do Pelo - Print Real		
PROD 40716 (1/1)	07/06/2018	ECL 1800917/2018E	1	06/07/2018	OGAB			
Nº Planeamento	Nº Mapa Produção		Nº Pedido Fio		PFIO 10476			
Comercial	Designer		Ficha Técnica Base					
ANABELA ALMEIDA	Ver Secção abaixo		FTEC1584					
Refª Prod Interna	HAND WOVEN COLMEIA							
Refª Prod Externa	VAVD - GRIM (100% NEW ZEALAND WOOL)							
Medida da Peça (m²)	2,500 x 2,700 (arg.) (comp.)	Medida q. Aum. (m²)	2,500 x 2,700 (arg.) (comp.)	Medidas Totais (m²)	0,00 x 0,00 (arg.) (comp.)			
Tempo Prev.	Orientação	Qtd. Produzir						
10,00 horas		1						
Pasta Layer								
Ficheiro Layer								
Operação Designer								
Observações Comercial COM LATEX GRADES VIRADAS PARA DENTRO COM 2,5CM E COSIDAS COMO ANTIGAMENTE PARA MANTER O ASPECTO DE ARTESANAL								
Observações Designer								
Observações Planeament C/ latex.								
Mapas Associados								
Serie	Numero	Data						
PFIO	10476	07/06/2018 13:27:03						
Controlo de Anexos								
Operação/Atributo								
Desenho COLMEIA [Enfiado 001; Programa 15] Enfiado 1:1234								
Hand-Woven								
Operação	Atributo		Valor					
Planeamento								
(R0) Envio de Fichas para Produção								
Preparação								
(R) Preparar Tear - Preparing	Tear		T					

Figura 19 - Ficha de produção - PROD (TFS)

3.4 Fluxo global da produção

Como referido anteriormente, o departamento de planeamento foca as suas atenções na injeção, sendo as outras operações ajustadas em função desta operação. Como este planeamento é construído manualmente, é difícil otimizar o fluxo de produção, conseguindo ter em conta todas as variáveis e restrições.

Colocando em foco o planeamento da injeção, existem diversas variáveis que influenciam a eficiência do fluxo. Para uma encomenda, é necessário ter em conta, inicialmente, a existência de fio. No caso de não haver fio em *stock*, existe um tempo de encomenda do fio que tem de ser tido em conta, de modo a conseguir obter uma previsão de quando se pode iniciar a produção. Há determinados tipos de carpete que apenas podem ser injetados em alguns robôs. Tendo em conta essa restrição, o planeamento da injeção é criado em função dos horários disponíveis dos robôs quando uma determinada encomenda está a ser analisada para ser inserida no *Gantt*. Isto origina a que a otimização deste sequenciamento seja muito difícil e torna comum a existência de várias alterações ao longo da semana. A complexidade da carpete e a duração prevista da injeção também são levadas em conta neste planeamento.

Existe uma lista de encomendas, que se divide entre disponíveis para lançar para produção, prioritárias e bloqueadas. Como o nome indica, as prioritárias são as primeiras a ser enviadas para a produção, de seguida as não prioritárias são individualmente selecionadas e adicionadas ao *Gantt* pelo planeador e as bloqueadas estão a aguardar pagamento. Mais uma vez, a otimização deste processo é bastante dificultada e depende muito da sensibilidade do planeador.

O tamanho do mapa e a possibilidade de junção de vários carpetes na mesma tela, tratado como um problema de *nesting*, também é um fator a ter em conta na otimização do fluxo e na redução de custos, não sendo fácil manualmente efetuar estes agrupamentos da forma mais eficiente. Este agrupamento, exemplificado na Figura 20, significa que as carpetes injetadas

na mesma tela estarão dependentes, ou seja, só avançam para a próxima operação quando todas as carpetes tiveram a operação anterior concluída. Neste caso, esta dependência existe até à operação de baixar carpete. Por norma, quando existem duas ou mais carpetes idênticas, se for possível de acordo com as dimensões, é feito um agrupamento imediato de carpetes numa tela. No caso de carpetes distintas, pode haver agrupamentos devido à falta de estruturas para PROD já com ordem de injeção no *Gantt*. Neste caso, quando é verificada a necessidade de criar um agrupamento de carpetes que já foram inseridas no *Gantt*, é necessário agrupar as PROD num único mapa e alterar a estrutura para uma com dimensões superiores, o que entra em conflito com o papel atribuído no início do turno aos operadores responsáveis pela colocação de tela, que terão de ser informados da mudança obrigatoriamente. Por vezes esta situação acontece quando a tela já foi preparada e a estrutura já está próxima do robô, obrigando a uma colocação prioritária de tela e nova alocação da estrutura que já está preparada. Na situação atual, o planeador não sabe as estruturas que estão disponíveis para ser utilizadas.

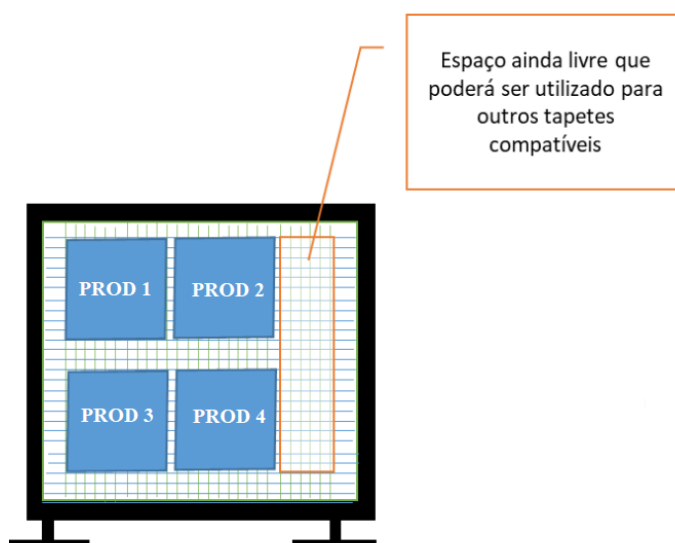


Figura 20 - Exemplo de *nesting*

Para as operações posteriores à injeção, é utilizada uma estimativa da sua duração de modo a garantir que a carpete fica pronta no prazo de entrega previsto. Como não há tempos *standard* definidos para estas operações, esta estimativa poderá, também, não ser a mais eficiente e fidedigna.

Com a finalidade de explorar a situação atual através de exemplos concretos, foram analisadas para algumas carpetes, os tempos de cada operação e os tempos de espera entre operações. A Figura 21 resulta da análise de 3 carpetes lisas semelhantes com cerca de 15m², onde foi feita a média dos tempos de produção.



Figura 21 - *lead time* médio de uma carpete lisa

Da soma do tempo médio de cada operação resulta um tempo útil de 17,96h. A este tempo é necessário incluir as horas de secagem, que no cenário mais longo são 24h, uma vez que neste

período não é possível efetuar qualquer tipo de operação, resultando num tempo útil de 41,96h. Por sua vez, a soma dos tempos médios de espera em cada operação é de 152,6h. Finalmente, o *lead time* médio de uma carpete com estas características é de 194,56h, o que significa que a percentagem de tempo útil da carpete ao longo do fluxo produtivo é de 21,57%.

Deste modo, a possibilidade de implementação de um APS ganhou força, uma vez que se trata de uma ferramenta focalizada para indústrias com massificação personalizada, com produtos de elevada qualidade e com curtos prazos de entrega. Estas são algumas das principais características presentes na realidade da TFS. Como tal, lidar com constrangimentos tais como a disponibilidade de matéria prima, de equipamentos, de mão de obra, restrições de ferramentas e operadores de forma manual torna-se num desafio demasiado exigente. Mesmo para uma ferramenta, sequenciar todas as operações presentes no fluxo de produção de forma ótima é inviável, uma vez que se trata de mais de 10 operações por encomenda com um volume superior a 100 encomendas, o que torna o número de combinações possíveis demasiado elevado para ser obtido em tempo útil. Porém, o APS permite gerar sequenciamentos que garantem o cumprimento destas restrições e ainda respeitam os objetivos definidos pelo planeador, nomeadamente menor prazo de entrega, menor tempo de *setup*, maior produtividade, entre outros. Na Figura 22 está representado um modelo do método de funcionamento de um APS.

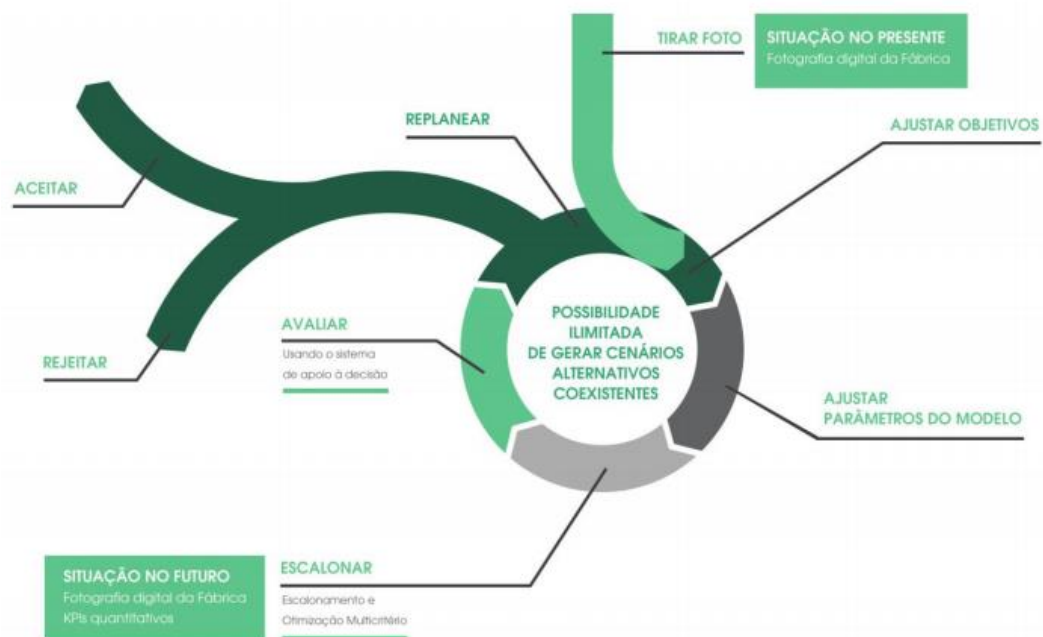


Figura 22 - Diagrama de funcionamento de um APS (Softinov)

Assim, para o sucesso na implementação de um APS (focando mais na parte do sequenciamento), é necessário considerar alguns fatores que são fundamentais cumprir para o seu bom funcionamento na empresa:

- Interligação e partilha de dados com o ERP e o MES, demonstrada na Figura 23. Para que a eficiência do APS seja maximizada é muito importante que estes três sistemas consigam partilhar e obter informações entre eles de modo a que não existam falhas ou falta de informação em nenhum deles. Para uma implementação bem sucedida de um APS, uma empresa deve já ter atingido um estado de maturação, e que tanto o ERP como o MES estejam totalmente integrados, permitindo obter informações relativas às ordens de produção, disponibilidade de matérias primas, operadores e também um acompanhamento em tempo real da produção.

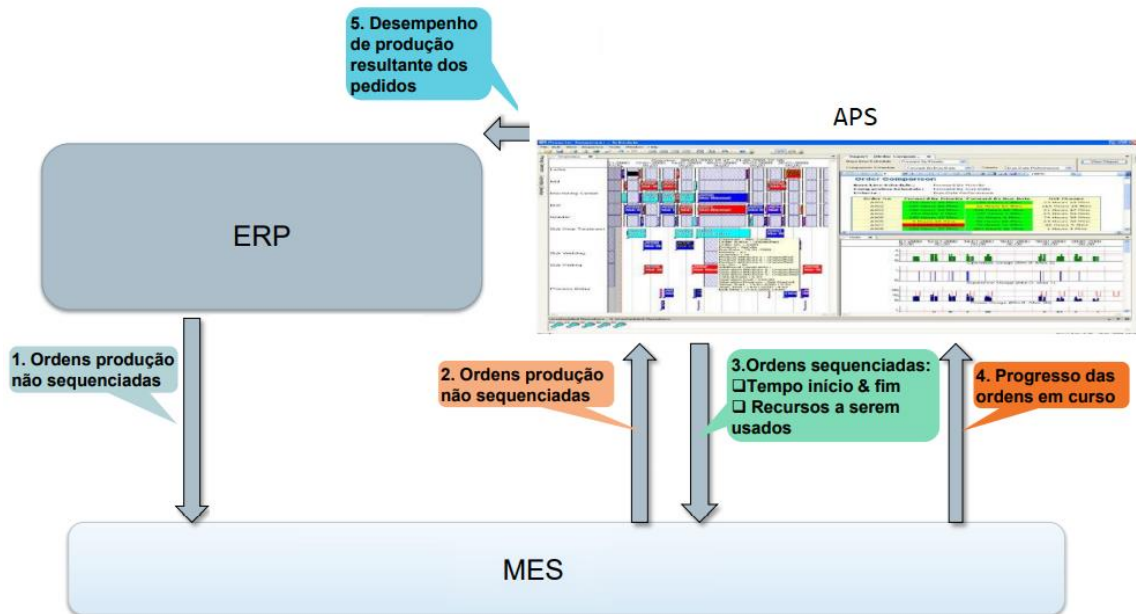


Figura 23 - Interligação entre o APS, o ERP e o MES (Sothis 2020)

- Flexibilidade do APS. Algumas empresas têm características no seu processo produtivo diferenciadas e que requerem uma análise personalizada, o que muitas vezes implica um desenvolvimento de funcionalidades extra no *software*, de modo a todas as variáveis sejam contempladas e toda a informação necessária partilhada. No caso da TFS, por ser uma empresa muito customizada, existem algumas áreas mais difíceis de tratar e que requerem algum pensamento e adaptação por parte do APS. De seguida são apresentadas algumas das operações consideradas mais delicadas para a integração num APS.
 - A vetorização nos casos em que são tapetes *bespoke*, onde a duração da operação não é conhecida e pode ser mais difícil de prever;
 - A retificação que depende da qualidade da injeção, algo que só pode ser avaliada detalhadamente após o término da injeção. o que torna a duração da retificação muito imprevisível;
 - Ainda relativamente à injeção, o agrupamento de carpetes na mesma tela (*nesting* 2D) também tem de ser considerado, quer através de sugestões por parte do APS quer por uma seleção externa por parte de um planeador fornecendo depois essa informação ao *software*;
 - As plataformas/elevadores têm cerca de 9m de comprimento. Quando se está a dar cola a estruturas mais pequenas é comum juntar duas estruturas que levem a mesma cola de modo a dar cola nas duas em conjunto, minimizando movimentos de subida e descida da plataforma. Tal como o agrupamento de carpetes na mesma tela é necessário que esta informação seja tratada no APS ou que seja trata exteriormente e depois fornecida ao APS.
 - Por fim, a questão das urgências, quer por erros ou problemas na produção que geraram atrasos, quer por encomendas com prazos mais reduzidos para clientes importantes. Nestas situações é importante que o APS permita alterações manuais de modo a permitir que estas situações sejam tratadas com alguma atenção especial e prazos mais apertados, ajustando o sequenciamento restante a estas alterações.

- **Nível de detalhe.** Há certas situações importantes de explorar com um nível elevado de detalhe. No caso da TFS, há certas operações onde alguns operadores estão limitados a um certo nível de complexidade e noutras situações um operador com mais experiência poderá ser mais rápido numa determinada função. Na parte da injeção é necessário garantir que os operadores ficam alocados a robôs adjacentes e que um operador não tem os seus robôs a produzir carpetes complexas ao mesmo tempo, uma vez que isso poderia comprometer a qualidade destas.

A função de um APS não termina após a definição de um sequenciamento, sendo igualmente fundamental que sejam gerados relatórios com indicadores que permitam avaliar a sequência teórica e compará-la com a realidade do chão de fábrica, permitindo verificar o cumprimento, as possíveis falhas e as suas causas. Existem ainda outro tipo de indicadores que permitem, no momento inicial, comparar várias alternativas de sequenciamento de modo a verificar as implicações que estas poderão ter em vários aspetos relevantes, como o número de encomendas atrasadas, tempo perdido em *setups*, níveis de produtividade, entre outros. No capítulo seguinte será feita uma análise mais detalhada de vários APS presentes no mercado, relacionando-os com as características do processo produtivo da TFS, comparando possíveis vantagens e desvantagens de cada um.

3.5 Operações

Durante as primeiras semanas do projeto foram observadas as várias operações do fluxo produtivo, com o objetivo de entender os detalhes de funcionamento, informações necessárias e os métodos utilizados pelos operadores para organização e cumprimento das suas funções.

Deste modo, neste subcapítulo serão analisadas individualmente as operações onde foram encontradas oportunidades de melhoria nos aspetos referidos previamente.

3.5.1 Colocação da tela

A colocação da tela é a primeira etapa no chão de fábrica. Esta operação decorre 24h por dia, e é dividida em 3 turnos. No início de cada turno, os operadores recebem uma lista, demonstrada na Figura 24, fornecida pelo chefe de turno, com as estruturas em que é necessário colocar telas nesse dia, o robô e por vezes uma estimativa do horário.

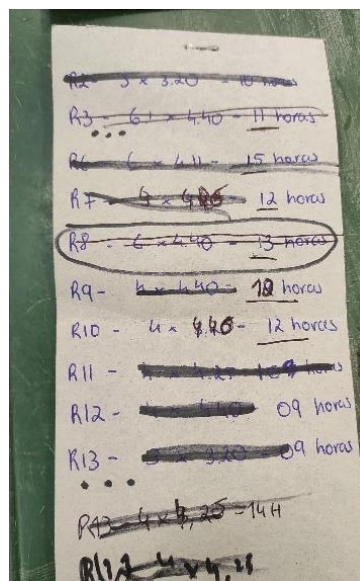


Figura 24 - Registo relativo à colocação da tela

Ao longo do turno é comum existirem alterações, quer por atrasos, adiantamentos ou urgências. Como tal, é necessário que alguém (o chefe de turno ou o planeador) transmita essa informação ao operador, o que por vezes ocorre tardiamente, gerando atrasos no início da injeção. Com as alterações no sequenciamento da injeção ao longo do turno, a lista torna-se cada vez mais desatualizada e ineficaz para o operador poder ter a garantia de que estará a colocar as telas corretas e pela ordem mais correta.

Nem sempre estão disponíveis estruturas com as dimensões desejadas e neste caso é necessário utilizar uma estrutura de dimensão superior, originando desperdício de tela, ou esperar que uma estrutura com as dimensões ideais fique disponível, o que pode gerar atrasos. Nesta operação a estrutura não está alocada ao mapa, essa etapa é feita pelos operadores da injeção antes de iniciar a injeção da carpete.

3.5.2 Retificação

O início da retificação está dependente do final da injeção para a qual o setor do planeamento já faz uma previsão. Quando a operação da injeção é terminada no REC, a carpete fica pronta para ser retificada. Esta é uma das operações com mais incerteza associada devido uma vez que não existem tempos *standard* para a retificação de uma carpete. Duas carpetes iguais podem ter tempos de retificação consideravelmente diferentes, uma vez que o tempo de retificação está diretamente relacionado com a qualidade da injeção, que varia de carpete para carpete e está dependente de vários parâmetros associados ao robô.

Quando os operadores da cola (operação seguinte à retificação) têm pouco trabalho, as retificadoras optam por retificar carpetes que requerem um tempo de operação inferior de modo a evitar a existência de paragens na colagem. Por vezes, as retificadoras têm de procurar as estruturas que não foram trazidas para perto do elevador por falta de espaço. Porém, devido à ausência da informação relativa ao robô em que a injeção de um mapa foi feita, pode ser perdido bastante tempo à procura de estruturas.

A retificação funciona apenas com 2 turnos por dia, deste modo, como a injeção decorre 24h por dia, durante a noite existe uma acumulação de estruturas à espera de ser retificadas. Após a injeção terminar as estruturas são posicionadas sem organização em frente à plataforma da retificação, o que com o acumular de estruturas em fila de espera para serem retificadas gera a que a movimentação destas seja bastante dificultada, como está demonstrado na Figura 25. Posto isto, as retificadoras ou seguem a ordem pela qual encontram de manhã as estruturas, que é o que geralmente acontece, ou têm de perder bastante tempo na reorganização das estruturas.

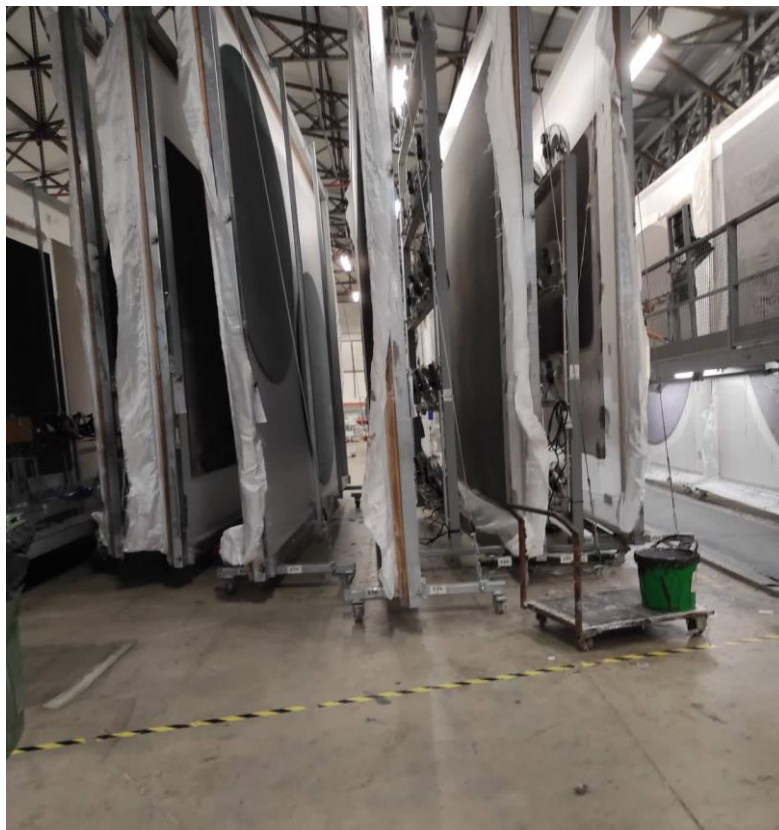


Figura 25 - Fila de espera das estruturas em frente a uma plataforma

3.5.3 Colagem

A colagem é precedida da retificação, que é a operação com maior incerteza relativamente à sua duração. O facto de a carpete só poder ser analisada detalhadamente quando chega a este posto faz com que a previsão da duração da operação seja muito complicada, especialmente tendo em conta que mesmo carpetes de dimensões e fios iguais podem ter tempos bastante diferentes na retificação. Como tal, para gerar um sequenciamento da operação da colagem, é necessário que este seja bastante dinâmico e atualizado em tempo real, uma vez que um sequenciamento teórico nesta operação difícil conseguiria ser cumprido.

A metodologia de trabalho dos operadores da cola baseia-se principalmente na cola a utilizar. Mais detalhadamente, se os operadores estiverem a utilizar uma cola preta, procuram dar cola a todas as carpetes que levem cola preta de modo a não perder tempo com mudanças de cola. Quando a cola que estão a dar acaba, os operadores vão buscar outra e repetem esse mesmo procedimento. Atualmente, os operadores da cola têm de consultar o tipo de cola das carpetes visualmente, carpete a carpete, e é deste modo que selecionam as próximas carpetes a dar cola. Usualmente, também recebem uma lista escrita no início do turno com as várias carpetes às quais devem dar cola ao longo do turno.

3.5.4 Baixar carpete

Após levar cola, as carpetes ficam a secar cerca de 20h no verão e 24h no inverno. Passado o tempo de secagem necessário, é possível baixar a carpete da estrutura. Atualmente, os operadores recebem uma lista de carpetes a baixar com as carpetes secas, disposta na Figura 26.

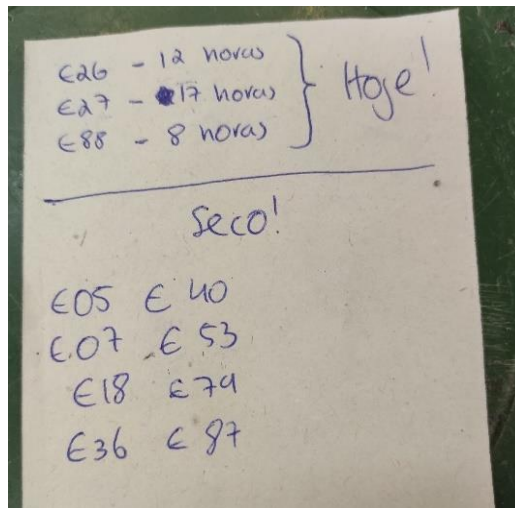


Figura 26 - Lista para baixar carpetes

Em algumas ocasiões, por ser necessário libertar a estrutura que está a ser utilizada ou devido à proximidade do prazo de entrega, sendo necessário passar a carpete para os acabamentos, a estrutura pode ser baixada mais cedo do que o previsto. É necessário algum cuidado com estas decisões uma vez que se a carpete chegar aos acabamentos com muita humidade terá de ser deixada a secar de novo.

É importante salientar que os operadores que baixam as carpetes, são os mesmos que aplicam cola e colocam tela. Esta polivalência dá origem a uma rotatividade a meio do turno que permite aumentar a capacidade de mão de obra para uma destas operações caso seja necessário, apesar de ter como consequência a diminuição de capacidade em pelo menos uma das outras operações. Ou seja, se existirem muitas carpetes a precisar de levar cola e poucas carpetes para baixar, os operadores podem dar cola em simultâneo e baixar carpetes mais tarde quando for necessário, permitindo um escoamento mais rápido das estruturas, aliviando, assim, um possível constrangimento.

3.5.5 Acabamentos

Após serem baixadas, as carpetes entram na secção dos acabamentos. Como esta secção funciona apenas a um turno, existe muitas vezes uma acumulação de carpetes, principalmente na primeira operação dos acabamentos, a aparagem. O excesso de carpetes em fila de espera gera um problema de falta de espaço, sendo necessário amontoar algumas carpetes. As carpetes são colocadas em mesas e, quando necessário, no chão ao comprimento.

Esta disposição de carpetes, demonstrada na Figura 27, origina a que em várias ocasiões, quando se pretende ir buscar uma determinada carpete para aparar, o acesso a esta pode estar dificultado, gerando perdas de tempos na reorganização das carpetes ou forçando a que sejam aparadas carpetes com um prazo de entrega superior para facilitar o acesso às carpetes pretendidas de modo a não perder tempo em reorganizações.



Figura 27 - Carpetes à entrada dos acabamentos

No início de cada semana é entregue, em todas as operações dos acabamentos, uma lista com as encomendas a entregar no final da respetiva semana, sendo a lista organizada por grupos de clientes, omitidos na imagem por motivos de confidencialidade. Na Figura 28, está presente a lista onde existem informações sobre o tipo de carpete, dimensões e em que operação se encontram no início da semana.

22/10/2020 PROD-73319-1	DIBBETS DIAGONAL "D" NERO (100% LYOCCELL)	300	500 CM	FALTA VILUÇAO
22/10/2020 PROD-73320-1	MATT DIBBETS CENERE ROUND (100% LINEN)	350	350 CM	FALTA INJEÇÃO
22/10/2020 PROD-73321-1	DIBBETS RAINBOW FOREST SPECIAL (100% LYOCCELL)	800	200 CM	FALTA INJEÇÃO
22/10/2020 PROD-73322-1	DIBBETS DIAGONAL "B" SPECIAL STONE/PELTRO/ECRU (100% LYOCCELL)	300	500 CM	FALTA INJEÇÃO
22/10/2020 PROD-73325-1	DIBBETS PELTRO (100% LYOCCELL)	175	289 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73326-1	WISP CARBONE (100% NEW ZEALAND WOOL)	730	379 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73327-1	WISP RELIEF FERRO (100% NEW ZEALAND WOOL)	300	490 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73328-1	BARCODE FERRO (NEW ZEALAND WOOL/LYOCCELL)	400	500 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73329-1	WISP ROUNDY CARBONE (100% NEW ZEALAND WOOL)	400	600 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73330-1	WISP RELIEF CARBONE ROUND (100% NEW ZEALAND WOOL)	500	500 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73334-1	WISP FUMO (100% NEW ZEALAND WOOL)	283	391 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73335-1	WISP SALVIA (100% NEW ZEALAND WOOL)	300	400 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73336-1	DIBBETS RAINBOW FOREST SPECIAL (100% LYOCCELL)	300	500 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73337-1	DIBBETS TONNEAU PELTRO (100% LYOCCELL)	200	300 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73338-1	DIBBETS PELTRO (100% LYOCCELL)	200	300 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73339-1	WISP CARBONE (100% NEW ZEALAND WOOL)	150	200 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73340-1	DIBBETS FLAG TITANIUM / PETROL (100% LYOCCELL)	250	350 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73341-1	DIBBETS RAINBOW BOREAL SPECIAL (100% LYOCCELL)	300	500 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73349-1	DIBBETS DIAGONAL "B" 1502/1536/1515 (100% LYOCCELL)	457	548 CM	APARAR
22/10/2020 PROD-73350-1	DIBBETS PELTRO (100% LYOCCELL)	240	420 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73351-1	BARCODE FERRO ROUND (NEW ZEALAND WOOL/LYOCCELL)	250	250 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73352-1	BARCODE FERRO (NEW ZEALAND WOOL/LYOCCELL)	500	600 CM	FALTA COLA
22/10/2020 PROD-73353-1	MATT DIBBETS CENERE ROUND (100% LINEN)	350	350 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73354-1	DIBBETS CAMBRE FRAME ECRU/GRAITO (100% LYOCCELL)	300	300 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73355-1	DIBBETS TONNEAU FRAME ECRU/STONE (100% LYOCCELL)	300	400 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73356-1	WISP SALVIA ROUND (100% NEW ZEALAND WOOL)	300	300 CM	ESCOVADA
22/10/2020 PROD-73357-1	WISP RELIEF CARBONE ROUND (100% NEW ZEALAND WOOL)	300	300 CM	FALTA APARAR
22/10/2020 PROD-73358-1	DIBBETS ECRU (100% LYOCCELL)	300	400 CM	ESCOVADA

Figura 28 - Lista utilizada pelos operadores nos acabamentos

Este modo de informação e organização tem algumas limitações. Focando, por exemplo, na aparagem, os operadores não sabem quais as carpetes que já estão à espera para ser aparadas e quais as que ainda estão na produção. Esta lista indica a etapa em que a PROD se encontra no início da semana, uma informação que com o avançar da semana se torna cada vez menos relevante e menos útil. Por vezes os operadores sentem necessidade de ir verificar

individualmente em que operação se encontram as carpetes, como pode ser observada na Figura 28, onde em algumas situações os operadores escreveram mesmo a operação em que a PROD se encontrava de maneira a “atualizar” a lista. Cada vez que terminam de aparar, os operadores vão sublinhar a PROD.

À medida que as carpetes vão passando pela respetiva operação dos acabamentos, a PROD é sombreada pelos operadores como forma de conseguir controlar a lista e atualizá-la. Como existem várias páginas, por vezes torna-se difícil encontrar uma PROD em específico.

4 Apresentação da solução proposta

Inicialmente, no presente capítulo, serão analisadas, relativamente a diversos parâmetros, várias empresas implementadoras de *softwares* APS. Com base na análise efetuada, será feita uma comparação, verificando os fatores diferenciadores de cada uma e o que podem oferecer, de modo a averiguar qual o candidato ideal para a realidade de negócio da TFS. Após esta análise serão também apresentadas as soluções de curto prazo relativamente aos problemas de sequenciamento.

4.1 Fluxo global da produção

Tendo em conta as dificuldades apresentadas no capítulo anterior, a melhor forma de conseguir otimizar o fluxo da produção é através de um algoritmo que consiga analisar todas as variáveis e restrições e que, definindo objetivos, como por exemplo cumprir prazos de entrega ou dar prioridade a clientes importantes, consiga analisar toda a informação e fornecer soluções adequadas.

Analisando as principais características da indústria têxtil, expostas na Figura 29, como a customização em massa, diversas coleções, fornecedores e concorrentes, verifica-se que de facto, esta é uma área onde a implementação de um APS se aplica, com vários casos de empresas que apresentaram melhorias significativas ao nível da produtividade, do cumprimento do prazo de entrega e do *lead time*.



Figura 29 - Características da indústria têxtil (Neo 2020)

Estas melhorias devem-se ao facto de um APS atuar nas áreas referidas anteriormente com várias soluções que permitem uma boa adequação para cada dificuldade encontrada. Na Figura 30, estão demonstradas várias potencialidades de um APS. Características como a sequenciação rápida, com listas digitais (como explicado no capítulo anterior), permitindo fazer várias iterações e comparar as soluções obtidas para cada cenário, com indicadores que auxiliam nesta fase, mas também permitem comparar os resultados no final da produção.

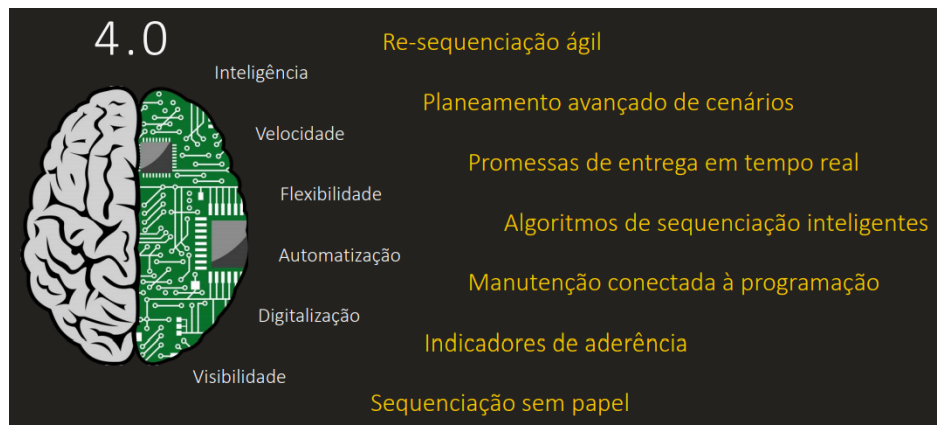


Figura 30 - Características da indústria 4.0 e soluções oferecidas pelo APS (Neo 2020)

Estas funcionalidades visam a redução de atrasos na entrega do produto final, de stocks e do *lead time*. Permitem flexibilizar a fábrica e um simultâneo garantir a disponibilidade de matéria prima, mão de obra e de ferramentas. Tudo isto contribui para o aumento da produtividade.

4.1.1 Análise de candidatos

Um APS, representa um investimento elevado e, como tal, é fundamental que a escolha do parceiro de implementação seja analisada detalhadamente de modo a que garanta o bom funcionamento do *software* a longo prazo, permitindo um retorno do investimento rápido. Após analisar vários casos de empresas com implementações de APS, ficou demonstrado que a escolha errada de um parceiro, origina uma grande despesa inicial que dificilmente será recuperada. Nestes casos as empresas têm algumas opções, investir ainda mais no mesmo sistema APS tentando adaptar e corrigir os defeitos, investir numa implementação de um APS diferente, ou simplesmente deixar de o utilizar.

Qualquer uma destas opções representa uma perda significativa para a empresa, tanto em termos financeiros como em tempo gasto no processo. Como tal, foram analisados vários candidatos, inicialmente pesquisando informação *online* disponível. Nos casos em que apresentaram potencial para serem selecionados, foram agendadas reuniões onde foram discutidos os objetivos pretendidos com este investimento, os detalhes do processo produtivo, possíveis dificuldades e possíveis soluções para as mesmas. Finalmente, foram analisadas as propostas de cada candidato. Após o processo inicial de avaliação foram analisados pormenorizadamente 4 candidatos, a Softinov com o Stello Planner, a Neo e a Sothis com o Opcenter e a Zuchetti com o Asprova.

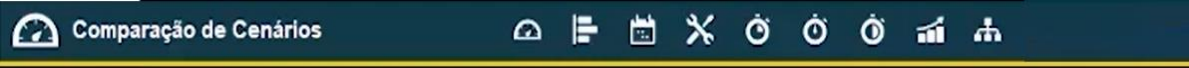
De modo a facilitar a análise e o processo de seleção, foi criada a Tabela 2, com vários parâmetros considerados relevantes, e em cada parâmetro foi atribuída uma pontuação entre 1 e 4, que representa o grau de competência de uma empresa no aspeto em questão. A cada parâmetro foi atribuído um peso de acordo com a sua importância na globalidade.

Inicialmente, foram analisadas algumas características gerais como a proximidade com a TFS (importante em caso de necessidade de visitas às instalações), a dimensão da empresa, uma vez que uma empresa de grandes dimensões pode dar maiores garantias a longo prazo, garantindo que o seu suporte estará sempre disponível e, por fim, a especialização da empresa fornecedora em *softwares* APS. A cada uma destas foi atribuído um peso de 5%, originando um peso de 15% para as características gerais.

Ao custo da implementação, um fator com bastante importância, foi atribuído um peso de 25%.

De seguida, foram analisadas as soluções propostas e as funcionalidades de cada *software* importantes para os detalhes do processo produtivo que requerem uma análise especial, onde será atribuído um peso de 45%. Foi considerado então:

- A flexibilidade para alterações manuais (peso atribuído de 10%). Esta função, também conhecida por *drag and drop*, é bastante importante, uma vez que após ser gerado um sequenciamento onde seja pretendido que uma operação específica decorra num momento específico, esta pode ser ajustada manualmente. Até mesmo em situações em que ocorre um imprevisto, a hipótese de alterar rapidamente e reajustar o restante sequenciamento pode minimizar os seus efeitos negativos;
- Os indicadores (peso atribuído de 10%), quer antes de definir o sequenciamento, que permite comparar os vários parâmetros dos sequenciamentos realizados com diferentes objetivos, quer no final da produção, para analisar o nível de cumprimento do sequenciamento utilizado. No exemplo da figura 31, estão dispostos 4 tipos de sequenciamento diferentes, com os objetivos de minimizar o tempo de *setup*, maximizar o cumprimento das datas de entrega, respeitar as prioridades entre clientes, que são comparados com um sequenciamento sem um objetivo específico definido. Esta análise permite analisar as vantagens e desvantagens que cada sequenciamento poderá representar no plano global;



CENÁRIO	ORDENS	OPERAÇÕES	QTD	TOTAL SETUP	TOTAL PROCESSO	SETUP %	NO PRAZO
Data Entrega	88	190	5.690	91,2 h.	1.576,4 h.	5,47%	43,18%
Prioridade Cliente	88	191	5.708	56,3 h.	1.593,8 h.	3,41%	42,05%
Schedule	88	191	5.710	54,3 h.	1.594,1 h.	3,30%	40,91%
Setup	88	191	5.686	32,4 h.	1.604,4 h.	1,98%	57,95%

Figura 31 - Comparação de indicadores entre diferentes sequenciamentos (Neo 2020)

- A chegada de matéria prima (peso atribuído de 10%) é, também de elevada importância, uma vez que representa o momento em que a produção pode efetivamente ser iniciada. Como tal, o modo como esta informação está disposta no APS permite diferenciar o *software* relativamente à visibilidade e intuitividade de todos os momentos do processo, permitindo uma maior organização e facilidade na consulta de informação;
- O nível de customização (peso atribuído de 15%), por outras palavras, as soluções apresentadas para as situações do processo produtivo em que um APS *standard* não é suficiente para solucionar e é necessária uma solução feita à medida. Poderão inserir-se nesta categoria a integração com o *nesting*, a incerteza associada à retificação e os tempos de vetorização de carpetes *bespoke*. Este foi considerado um dos parâmetros mais importantes, fundamental para que o APS seja integrado com sucesso.

Finalmente, foram levados em consideração o número de anos de experiência das empresas, bem como a experiência na indústria têxtil e experiência em Portugal, atribuindo um peso de 5% a cada um, perfazendo um total de 15%.

Para facilitar a análise da Tabela 2, foram colocados os parâmetros principais a negrito e por baixo os aspetos a considerar mencionados anteriormente, com as respetivas pontuações de 1 a 4. Nos parâmetros principais estão representadas a soma das pontuações com a conversão do peso que foi atribuído a cada uma.

Tabela 2 - Análise dos candidatos para implementação do APS

	Peso (%)	Softinov	Neo	Sothis	Zuchetti
Software		Stello Planner	Opcenter/Preactor	Opcenter/Preactor	Asprova
Características gerais	(15)	(0,45)	(0,45)	(0,4)	(0,4)
Proximidade	5	4	3	2	1
Dimensão empresa	5	1	2	3	4
Especialização APS	5	4	4	3	3
Custos	(25)	(1)	(0,75)	(0,5)	(0,25)
Implementação e licenças	25	4	3	2	1
Funcionalidades	(45)	(1,2)	(1,65)	(1,55)	(1,25)
<i>Drag and drop</i>	10	2	4	4	4
Indicadores	10	2	4	3	3
Chegada de matéria prima no <i>Gantt</i>	10	2	4	4	4
Nível de customização	15	4	3	3	1
Experiência das empresas	(15)	(0,45)	(0,5)	(0,4)	(0,3)
Anos de experiência	5	4	4	4	4
Indústria têxtil	5	1	4	1	1
Portugal	5	4	2	3	1
Total	(100)	3,1	3,35	2,85	2,2

Em simultâneo à análise inicial das características gerais, irá ser realizada uma breve apresentação das empresas em questão. A Softinov é uma microempresa sediada no Porto, com uma parceria com o INESC TEC, sendo a implementação do APS um dos principais focos da empresa. A Neo é uma empresa sul americana que está a dar os primeiros passos no mercado europeu, começando por Portugal. Sediada em Lisboa, trata-se de uma empresa com volume de negócios em países da América latina, focando-se exclusivamente na implementação de *softwares* APS. A Sothis, uma empresa sediada em Espanha, bastante reconhecida no mercado espanhol principalmente através de uma sólida parceria com o Mercadona. Trata-se de uma empresa que oferece produtos distintos, desde APS, MES até à área da automação e da robótica. Por fim, a Zuchetti está sediada em Itália, tem um volume

de negócios bastante elevado na Europa, com soluções de *softwares* para um grande leque de áreas distintas.

Após diversas reuniões com as empresas, estas enviaram as suas propostas de negócio. Os custos podem ser divididos pela aquisição de licenças, consultoria e desenvolvimento do *software* e manutenção e suporte mensal.

Devido ao negócio no qual a TFS se insere, regido por prazos, capacidade de reação a encomendas e qualidade, é importante garantir que no caso de necessidade seja possível alterar manualmente uma operação ou as operações de uma carpeta. Neste aspeto, o Opcenter e o Asprova possuem formas simples de efetuar estas alterações, simplesmente arrastando as operações no diagrama de *Gantt*. Por sua vez, o Stello Planner, não possui a funcionalidade *drag and drop*, sendo apenas possível efetuar estas alterações indiretamente através de parâmetros ou alterações de prioridades.

Os indicadores, como demonstrado anteriormente, podem ser utilizados para rapidamente obter comparações entre sequenciamentos gerados, de modo a facilitar a análise das implicações de cada um. Podem ser utilizados, também, no final do sequenciamento de modo a verificar o cumprimento do mesmo e a sua eficiência. Neste parâmetro, a Neo apresentou a mais valia de incluir na implementação um nível considerável de horas dedicadas à criação de documentos com indicadores de acordo com as necessidades do cliente, possuindo um vasto conhecimento nesta área por ser este um dos seus principais focos, possuindo uma grande variedade de indicadores e relatórios que permitem fazer várias análises de forma rápida e eficaz.

A chegada da matéria prima é um aspeto fundamental pois apenas a partir desse momento é possível iniciar a produção. Deste modo, o Opcenter e o Asprova apresentam a vantagem de no próprio *Gantt*, permitirem visualizar chegadas de matéria prima através de losangos por baixo das datas, que podem ser observados na Figura 32, tendo também uma linha semelhante corresponde à demanda.

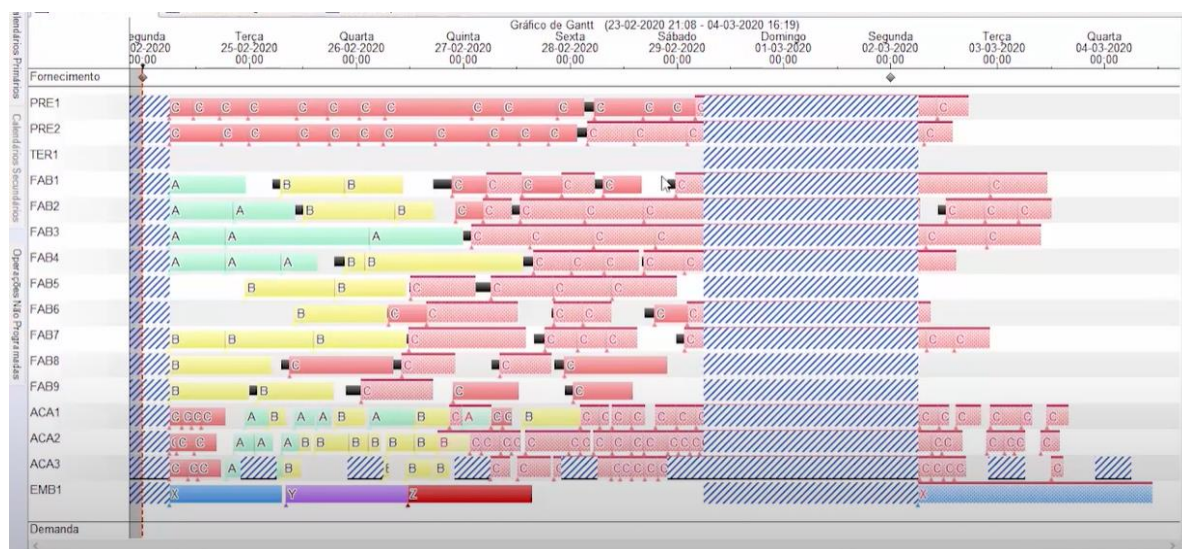


Figura 32 - Exemplo de sequenciamento no APS (Neo)

De acordo com as reuniões com cada uma das empresas, foi também analisado o nível de detalhe a que cada uma delas se propôs a explorar, facilitando a adaptação do *software* ao processo produtivo da TFS. Neste aspeto, a Softinov e a Neo demonstraram-se as duas empresas que mais se focaram nos detalhes do processo e em procurar soluções e novas funcionalidades relevantes para personalizar.

Somando todos os parâmetros, a empresa que atingiu maior pontuação foi a Neo, seguida pela Softinov que não fica muito distante. Deste modo, ficou perceptível que o Opcenter foi o

software que mais se diferenciou, obtendo nas funcionalidades uma pontuação significativamente superior aos concorrentes. Dentro das duas empresas que comercializam o Opcenter em Portugal, a Neo destacou-se nomeadamente no facto de ser uma empresa totalmente especializada em APS, não vendendo outros produtos, nos indicadores, uma vez que são criados indicadores para além do *standard* do Opcenter de acordo com as necessidades do cliente e na experiência na indústria têxtil. Por sua vez, a Softinov destacou-se na proximidade, uma vez que é baseada no Porto, no nível de customização a que se propuseram e na experiência em Portugal.

4.2 Operações

Relativamente às operações mencionadas no capítulo anterior, após serem analisadas as principais dificuldades e problemas, foram desenvolvidas algumas melhorias com o objetivo de auxiliar os operadores, com mais informação relevante, de fácil e rápido acesso.

4.2.1 Colocação da tela

O objetivo nesta etapa é eliminar a lista manual escrita pelo chefe de turno e substituí-la por uma lista com um sequenciamento agendado, com horários para o início da colocação da tela. Pretende-se, também, que nesta operação seja feita a alocação de estruturas aos mapas, ou seja, que o mapa e a estrutura fiquem ligados nos sistemas de informação desde a colocação de tela até baixar a carpete de modo a impedir erros de registo nas operações intermédias. Esta alocação permitirá verificar quais os mapas com e sem estrutura rapidamente, algo que anteriormente não era possível.

Foram, então, estudados os tempos de colocação de tela de modo a criar tempos *standard*. Entre as estruturas de dimensões diferentes com telas normais, os tempos não apresentaram diferenças muito significativas, estando por volta dos 15 minutos em média. Por vezes, é necessário usar telas cozidas com dimensões especiais e foi nestes casos que se notou uma diferença de tempo superior na realização da operação, estando mais próxima dos 20 minutos.

No anexo A, é apresentado o modelo desenvolvido no REC para este efeito, com os respetivos passos a cumprir. O cálculo da hora inicial limite para o início da operação tem por base a hora estabelecida para o início da injeção. Tendo em conta que a previsão não tem uma precisão máxima, por vezes podem existir atrasos ou adiantamentos. Nesta situação, estes últimos são os mais delicados uma vez que se houver um adiantamento da injeção anterior significativo, a estrutura para a injeção seguinte poderá ainda não estar pronta, o que significaria tempo de espera para o robô, que sendo o gargalo do *hand tufting* seria uma grande perda. Como tal, foi optado por retirar 1h ao tempo de início da injeção de modo a conseguir cobrir estas alterações. Isto significa que no limite, os operadores têm de iniciar a colocação da tela 1h antes do início previsto da injeção. Também é fornecida informação adicional acerca do mapa de produção, do robô destinatário. Foi criado um espaço no REC direcionado para a alocação de estruturas aos mapas de produção. Na Figura 33, estão representadas as listas criadas dos mapas de produção com e sem estruturas alocadas. Após selecionar um mapa sem estrutura, carregando no botão “alocar”, surgem duas listas uma com estruturas livres e outra com estruturas com tela colocada em *stock*. É selecionada de uma destas listas a estrutura que se pretende utilizar, passando o mapa para a lista de mapas com estrutura. Este procedimento permite a redução de erros de registo e um maior controlo das estruturas e das suas necessidades.

MAPAS SEM ESTRUTURA								MAPAS COM ESTRUTURA							
Estrutura	Larg Min	Alt Min	Robot	Numero	Inicio Robot	Tipo Tela	Obs	Estrutura	Larg Min	Alt Min	Robot	Numero	Inicio Robot	Tipo Tela	Obs
	6,14	4,11	R05	30357	29/01/2021	Branca									
	2,13	3,4	R06	29990	29/01/2021	Normal (60/60)									
	2,13	3,4	R13	30208	29/01/2021	Branca									
	6,7	5,1	R11	29930	29/01/2021	Branca Cosida									
	3,13	3,4	R07	29872	29/01/2021	Branca									
	0	0	R03	30364	29/01/2021	Branca									
	4,13	4,25	R10	30265	29/01/2021	Normal (60/60)									
	4,13	4,25	R06	30365	29/01/2021	Branca									
	2,13	3,4		30385	29/01/2021	Branca									
	4,13	4,25	R02	30139	29/01/2021	Branca									
	3,13	3,6	R13	30095	29/01/2021	Branca									
	6,1	0	R03	30359	29/01/2021	Branca									
	6,13	4,11	R01	30069	29/01/2021	Branca									
	3,13	3,4	R07	29874	29/01/2021	Branca									
	6,14	4,11	R04	30371	29/01/2021	Branca									
	3,13	3,4	R13	30195	29/01/2021	Branca									

Figura 33 - Alocação de tela, mapas com e sem estrutura

Este registo no REC, não só é importante na situação atual, para uma melhor gestão, organização e rapidez de consulta, mas também no caso de implementação de um APS, todo este tipo de informação tem de estar disponível de modo a que o *software* possa gerar sequenciamentos sem erros.

A duração desta operação é importante uma vez que esta precede a injeção. Como tal, quando a hora prevista da injeção é antecipada, é importante que a colocação da tela esteja otimizada de modo a aumentar a capacidade de resposta e evitar tempos de paragens do robô.

Foram estudadas possibilidades de aumentar a velocidade da colocação da tela. Na situação inicial, a movimentação do elevador era feita através de botões, por isso não era possível trabalhar enquanto se pressionava um botão. Para além disso, era necessário parar o elevador em várias alturas para ir colocando a tela de ambos os lados, subindo depois para a próxima estrutura, acabando este processo no topo da estrutura, sendo ainda necessário baixar o elevador no final. Foi pensada como uma solução possível a utilização de um pedal, que permitiria trabalhar enquanto o elevador sobe e colocar a tela de um lado de uma só vez e depois passar para o outro lado e colocar tudo de uma vez enquanto o elevador desce, evitando assim paragens para subidas e descidas, várias deslocções de um lado para o outro e permite que no fim do processo o elevador acabe já em baixo, permitindo poupar tempo em várias partes do processo.

Foram efetuadas medições temporais do processo na situação inicial e após a introdução do pedal em estruturas de dimensões semelhantes (6.15m*4.40m) de modo a verificar se efetivamente este método seria mais eficiente. Inicialmente, existia na empresa um pedal que apenas permite subir a plataforma que foi usado como teste de modo a verificar se os ganhos temporais seriam significativos. Como se pode verificar pelos resultados dispostos na Tabela 3, foi ganho praticamente 1 minuto, que significa uma redução de 28,3% do tempo em relação ao método anterior, o que justificou o investimento num pedal que permite subir e descer a plataforma. Com estes valores foi feito, então, um investimento num pedal com as duas funções e os resultados foram confirmados com uma redução do tempo de colocação lateral da tela de 53,8%.

Tabela 3 - Comparação de resultados da colocação de tela

Método	Tempo de colocação lateral da tela (min)	Redução temporal (%)
Botões	3:15	-
Teste com pedal só para subir	2:20	28,3
Pedal para subir e descer	1:30	53,8

Verificando que, de facto, existe uma vantagem, é possível estabelecer um método *standard* baseado no uso do pedal que permite que, tendo em conta as dimensões da estrutura, seja possível ter um valor médio da duração da colocação da tela, seguindo o método mais rápido.

Esta redução do tempo da operação é bastante relevante, uma vez que os operadores responsáveis pela colocação da tela também são os responsáveis pela aplicação da cola e por baixar a carpete. Ganhando tempo nesta operação, os operadores não só conseguem responder melhor a urgências e imprevistos, mas também terminar mais rápido a colocação das telas e estar mais tempo disponíveis para as outras operações.

4.2.2 Retificação

Após algum tempo de observação desta operação verificou-se que a organização de trabalho das retificadoras é baseada em dois aspetos. A quantidade de trabalho que os operadores da cola (operação seguinte à retificação) têm, origina a que, por vezes, sejam retificadas carpetes com prazos de entrega superiores quando os operadores da cola têm pouco trabalho por serem, dentro das disponíveis, as mais rápidas de retificar, evitando possíveis pausas por falta de trabalho na operação seguinte. O segundo aspeto, e também o mais significativo é o facto de a organização das estruturas ser definida pelo turno da noite da injeção, onde se vão colocando as estruturas em frente aos postos de retificação. Com o acumular de estruturas em fila de espera, uma vez que a retificação está parada de noite, o espaço para movimentar estruturas torna-se muito limitado, o que muitas vezes leva a que as operadoras retifiquem as estruturas que estão na frente da fila.

Deste modo, a solução foi criar uma lista no REC que permite consultar as estruturas que estão prontas para ser retificadas. Nesta lista encontram-se todas as informações relevantes para os operadores, como a estrutura e as suas dimensões, a última operação fechada, o estado da operação e a data de expedição. Adicionalmente, quando a operação é iniciada, o texto na lista é alterado de “retificar” para “em retificação”, tornando disponível a informação das carpetes que já estão a ser retificadas, caso contrário, uma retificadora poderia estar à procura de uma carpete que já estaria a ser retificada noutro posto. Esta lista permite uma maior organização no chão de fábrica e, também, um acompanhamento mais direto, visual e rápido do departamento do controlo da produção, tornando mais fácil detetar erros e garantir que a ordem pretendida está a ser cumprida.

Em determinadas ocasiões, é necessário colocar a operação em pausa, por exemplo quando é necessária uma verificação extra ou analisar possíveis soluções quando a retificação não está a produzir os resultados esperados. Foi, então, decidido nestas ocasiões colocar na lista das estruturas que a operação está “em pausa”. Esta informação permite analisar e verificar rapidamente possíveis problemas, perceber quais as operações em que estes ocorrem em maior número e, assim, procurar modos de reduzir esses acontecimentos. O resultado desta lista está demonstrado na Figura 34.

USAR

VAZIA

SECO / A SECAR

OCUPADA

DAR COLA

RETIFICAR

⌵

⌶

⏪

Texto a procurar...

Find

Clear

Drag a column header here to group by that column

Larg.	Alt.	Estrutura	Ult.Op.Fechada	Ultima Operacao Fechada	Fim Ult.Op.Fechada	Secagem (h)	Fim Secagem	Estado Secagem *	Data Expediç...
6,15	4,11	E02	(R) Injeção Robot	INJETAR	28/10/2020 01:28			EM RETIFICAÇÃO	30/10/2020
3,13	3,2	E37	(R) Injeção Robot	INJETAR	27/10/2020 18:12			EM RETIFICAÇÃO	04/11/2020
9,15	4,11	E12	(R) Injeção Robot	INJETAR	29/10/2020 06:32			RETIFICAR	05/11/2020
6,15	4,4	E75	(R) Injeção Robot	INJETAR	29/10/2020 02:04			RETIFICAR	05/11/2020

Figura 34 - Lista da retificação

Um aspeto que limitava a utilização da sequência da lista era a organização das estruturas e a falta de espaço. O turno da noite da injeção dispunha as estruturas aleatoriamente, ocupando todo o espaço em frente ao elevador, o que dificultava bastante qualquer tipo de manobras para reorganização. Deste modo, foi estabelecido que os operadores deste turno, após terminarem a injeção, devem ter em conta os prazos de entrega ao colocar as estruturas junto às plataformas de retificação. As estruturas com carpetes cujos prazos de entrega são próximos devem ir para a frente da fila e, por sua vez, as estruturas com prazos de entrega mais longos devem ser colocadas no fim da fila.

4.2.3 Colagem

Na colagem, a situação inicial era bastante semelhante à da retificação, como tal foi criada uma lista semelhante, ajustando as informações necessárias para esta operação. Existem diferentes tipos de cola que podem ser dados a uma carpete, que são definidos no planeamento. De modo a existirem menos paragens para trocas de cola e limpeza dos pinçeis, quando os operadores começam a utilizar um tipo de cola é dada preferência a todas as carpetes que levam o mesmo tipo de cola, com o objetivo de a aplicar até esta terminar, repetindo o processo para as outras colas posteriormente. Inicialmente, os operadores tinham de verificar o tipo de cola na PROD, que estava colada na estrutura, uma a uma, perdendo bastante tempo com deslocações. Para facilitar a consulta da informação do tipo de cola, foi adicionada uma coluna com as colas a usar no mapa, como se pode observar na Figura 35. Deste modo, através da rápida consulta da lista, os operadores podem verificar todas as carpetes prontas para levar cola e todos os tipos de cola, podendo ordenar a lista de acordo com o tipo de cola e dimensões de estruturas, evitando deslocações desnecessárias e verificações manuais e significativamente mais lentas. Existem situações em que uma estrutura tem duas carpetes que levam colas diferentes, neste caso, na coluna aparecerão as duas colas e ao selecionar essa estrutura é apresentada informação detalhada sobre cada PROD com o respetivo tipo de cola que cada uma leva, facilitando bastante a sua consulta e evitando assim bastante tempo perdido a consultar manualmente.

USAR	VAZIA	SECO / A SECAR	OCUPADA	DAR COLA	RETIFICAR								
Texto a procurar... Find Clear													
Drag a column header here to group by that column													
Larg.	Alt.	Estrutura	Ult.Op.Fechada	Ultima Operacao Fechada	Fim Ult.Op.Fechada	Secagem (h)	Fim Secagem	Estado Secagem	Data Expediç...	Operadores	Cola		
6,7	5,1	E85	(R) Aplicar Isolante	APLICISOL	02/12/2020 11:39			EM ANDAMENTO	02/12/2020		Preta		
6,15	4,65	E24	(R) Aplicar Isolante	APLICISOL	01/12/2020 19:39			EM ANDAMENTO	04/12/2020		Preta		
3,13	3,6	E26	(R) Retificar	RETIFICAR	02/12/2020 10:02			DAR COLA	04/12/2020		Preta		
3,13	3,4	E29	(R) Retificar	RETIFICAR	02/12/2020 09:21			DAR COLA	04/12/2020		Preta		
4,13	4,4	E49	(R) Retificar	RETIFICAR	02/12/2020 08:47			DAR COLA	04/12/2020		Preta		
3,13	4,2	E61	(R) Retificar	RETIFICAR	02/12/2020 09:02			DAR COLA	04/12/2020		Preta		
3,13	4,2	E69	(R) Retificar	RETIFICAR	02/12/2020 11:04			DAR COLA	04/12/2020		Preta		
3,13	3,55	E70	(R) Retificar	RETIFICAR	02/12/2020 10:48			DAR COLA	04/12/2020		Cinza		
✓ [Estado Secagem] = 'DAR COLA' Or [Estado Secagem] = 'EM ANDAMENTO' - E													
Estrutura	Ult.Op.Fechada	UltimaOperacaoFechada	Data Expedição	Cola	Serie	Numero	Item	Ref.Interna	Larg.	Comp.			
E85	(R) Aplicar Isolante	APLICISOL	04/12/2020	Preta T1530WP (Inverno)	PROD	75573	1	HAND-TUFTED DESIGN (WOOL/BOTANICAL SILK)	145	485			

Figura 35 - Lista da colagem

4.2.4 Baixar carpete

A carpete é baixada após ter decorrido o tempo de secagem, cerca de 20h no verão e 24h no inverno. Deste modo, foi criada uma lista envolvendo as carpetes secas e a secar, permitindo que os operadores consigam ter uma maior visão sobre os estados das carpetes e consigam proceder a uma melhor gestão da sequência pela qual vão baixar as carpetes. Após uma carpete iniciar a secagem, inicia a contagem do tempo que, atingindo o limite definido muda o seu estado de “a secar” para “seco”, como demonstrado na Figura 36.

Estes dois estados foram colocados no mesmo botão, uma vez que é bastante relevante para um operador saber se existe uma carpete que esteja perto das 20h de secagem e que tenha um prazo de entrega bastante mais próximo que as que já estão secas e à espera de serem baixadas. A análise de comparação entre prazos de entrega, estado de secagem e tempo de secagem é facilitada com esta agregação, onde está descrita toda a informação relevante para os operadores. É, também, possível filtrar pelas carpetes secas ou a secar, permitindo verificar apenas um dos estados de acordo com os prazos de entrega.

USAR	VAZIA	SECO / A SECAR	OCUPADA	DAR COLA	RETIFICAR								
Texto a procurar... Find Clear													
Drag a column header here to group by that column													
Larg.	Alt.	Estrutura	Ult.Op.Fechada	Ultima Operacao Fechada	Fim Ult.Op.Fechada	Secagem (h)	Fim Secagem	Estado Secagem	Data Expediç...	Operadores	Cola		
2,13	1,2	E52.1	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	28/10/2020 22:21	13,62		A SECAR	30/10/2020				
2,13	3,4	E46	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	28/10/2020 15:02	20,93		SECO	03/11/2020				
2,13	3,4	E47	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	28/10/2020 16:06	19,88		A SECAR	03/11/2020				
3,13	3,6	E26	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	28/10/2020 19:09	16,83		A SECAR	04/11/2020				
2,13	3,4	E27	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	28/10/2020 23:08	12,83		A SECAR	04/11/2020				
3,13	3,4	E28	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	27/10/2020 18:41	41,30		SECO	04/11/2020				
6,15	4,4	E05	(R) Aplicar Cola e Rede	APLICCOLA	29/10/2020 00:52	11,12		A SECAR	05/11/2020				

Figura 36 - Lista da secagem

4.2.5 Acabamentos

Após alguma análise, foi concluído que os acabamentos poderiam beneficiar bastante com uma lista das PROD. Neste sentido, foi criada uma lista dinâmica, representada na Figura 37, com todos os parâmetros e informações considerados necessários para os operadores. Esta lista permite um melhor acompanhamento em tempo real das carpetes e um sequenciamento das carpetes ao longo das operações dos acabamentos, de modo a que os operadores não necessitem de consultar várias carpetes e analisar os prazos de entrega de modo individual e manual, que se torna bastante demorado e pouco eficiente. Esta lista aliada a uma melhor organização da disposição das carpetes permitirá uma análise muito mais rápida e eficaz por parte dos operadores, originando menos paragens longas para reorganização das carpetes.

Lista de Acabamentos

APARAR

BORDA/FITA

ASPIRAR/FOTO

ENROLAR/EMB.

OUTROS

⏮

⏭

⏪

⏩

↺

✓

✕

Atualizar

Confirmar

Cancelar

Drag a column header here to group by that column

Texto a procurar... Find

Tipo Doc	Num Doc	Serie	Serie Prod	Num Prod	Item	Cliente	Estado	Data Entrega	Artigo
ECI	2020005	2020N	PROD	75641	1 TFS		OUTROS	13/11/2020	HAND-WOVEN combi looms Colmeia (100% POLYPROPYLENE)
ECI	2020006	2020N	PROD	75645	1 TFS		BORDAFITA	16/11/2020	HAND-TUFTED DESIGN plain (100% BOTANICAL SILK)
ECI	2020006	2020N	PROD	75645	2 TFS		BORDA/FITA (EM CURSO)	16/11/2020	HAND-TUFTED DESIGN plain (100% BOTANICAL SILK)
ECI	2020004	2020N	PROD	75616	1 TFS		OUTROS	25/11/2020	HAND-TUFTED DESIGN SEAPORT (100% Regenerated Nylon)
ECL	703101	2020N	PROD	73574	1 EDIL		ENROLAR/EMBALR	26/11/2020	HAND-TUFTED LISO - T44 - LIVING ROOM - PIECE 2 (100% BOTANICAL SILK)
ECL	703101	2020N	PROD	73577	1 EDIL		ENROLAR/EMBALR	26/11/2020	HAND-TUFTED LISO - T44 - BEDROOM - PIECE 2 (100% BOTANICAL SILK)
ECL	703101	2020N	PROD	73580	1 EDIL		ENROLAR/EMBALR	26/11/2020	HAND-TUFTED LISO - T44 - BEDROOM - CLOSET (100% BOTANICAL SILK)
ECI	2020008	2020N	PROD	75926	1 TFS		BORDAFITA	26/11/2020	HAND-TUFTED BESPOKE DESIGN (100% Regenerated Nylon)
ECI	2000003	2020E	PROD	76475	1 TFS		APARAR	26/11/2020	HAND-TUFTED LOOP 8MM (100% Regenerated Nylon)
ECI	2000003	2020E	PROD	76476	1 TFS		APARAR	26/11/2020	HAND-TUFTED 3D LOOP (100% Regenerated Nylon)
ECI	2000003	2020E	PROD	76478	1 TFS		BORDAFITA	26/11/2020	HAND-TUFTED CUSTOM DESIGN (100% POLYOLEFIN)
ECI	2020009	2020N	PROD	76331	1 TFS		OUTROS (EM CURSO)	27/11/2020	HAND-TUFTED PLAIN CONTRACT (100% Regenerated Nylon)
EST	2020002	2020	PROD	76333	1 TFS		BORDAFITA	27/11/2020	HAND-TUFTED PLAIN 14MM (100% MOHAIR)
ECL	703148	2020N	PROD	74899	1 COTR		APARAR	02/12/2020	HAND-TUFTED LISO - T38 (100% BOTANICAL SILK)

Figura 37 - Visão geral da lista dos acabamentos

Foram criados botões para as operações onde, após análise, foi considerado que poderiam ter um impacto positivo. Foram consideradas as operações de aparar, colocar fita, aspirar, enrolar e embalar e, por fim, foi criado um botão que engloba as operações que se destinam exclusivamente a carpetes de *hand tufting*. Após consultar os operadores, verificou-se que para a lista ser eficiente e eficaz, seria necessário que estivesse disposta informação acerca da PROD, do cliente, da data de entrega e do artigo, sendo possível filtrar por todas estas colunas. São apresentadas figuras dos vários botões criados no anexo A, para cada operação dos acabamentos.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

O objetivo principal da dissertação consistiu numa melhoria e reformulação dos métodos de sequenciamento e planeamento da produção. Com um departamento dedicado exclusivamente ao planeamento da injeção 8h por dia, foi proposto procurar alternativas mais proveitosas para a empresa. Após toda a análise realizada ao longo deste projeto, foi consensual que a introdução de um APS como auxílio do processo de planeamento e sequenciamento poderia ter um impacto muito significativo, tanto na eficiência como na organização do fluxo produtivo, eliminando a necessidade de ter um departamento com vários trabalhadores dedicados todo o dia ao planeamento de uma operação. Com a introdução deste *software*, o planeamento será realizado para todas as etapas processo, não se focando apenas na injeção. Isto permite um controlo muito superior do fluxo produtivo, permitindo que os operadores possam sempre a informação correta relativamente ao seu trabalho, eliminando possíveis dúvidas e permitindo que estes se foquem exclusivamente no seu trabalho. O facto de o APS analisar todo o processo traz vantagens ao nível da produtividade, maximizando-a tendo em conta todo o fluxo produtivo e não apenas a injeção, permitindo um maior cumprimento de prazos de entrega e, também, ao receber uma nova encomenda, torna-se mais simples e rápido obter uma estimativa bastante precisa do prazo de entrega que pode ser prometido. Será esperada também uma diminuição significativa do *lead time*, uma vez que na situação inicial era comum carpetes ficarem em determinada operação mais de 24h em fila de espera, uma vez que, como só existe planeamento da injeção, nas outras operações podem ser geradas acumulações e esquecimentos devido à falta de organização e informação.

Foram analisadas várias empresas, no sentido de aprofundar ainda mais esta análise. As várias reuniões permitiram ficar com ideias bastante claras das potencialidades de cada APS e do impacto que poderiam ter na TFS. Os 4 candidatos mais fortes foram alvo de uma análise mais detalhada onde se procurou explorar como cada uma conseguia acrescentar valor relativamente às outras e de que forma se poderiam adequar mais à TFS. É importante salientar que alguns parâmetros da análise realizada aos candidatos têm alguma subjetividade associada, sendo que todas as reuniões, demonstrações e pesquisa contribuíram para a atribuição das pontuações de cada uma. Os parâmetros analisados foram selecionados de acordo com as necessidades da TFS, pelo que para uma empresa com um negócio distinto a análise terá forçosamente de ser distinta de modo a adequar-se ao seu modelo. Deste modo, no final da dissertação esta análise foi entregue à direção da empresa à qual caberá a decisão final.

Relativamente ao sequenciamento atual, as listas criadas resultaram num aumento da organização e diminuição do número de erros. Quando estes ocorriam a sua deteção foi muito mais rápida impedindo o agravamento das consequências. A transmissão de novas informações tornou-se imediata e de fácil consulta por oposição às listas escritas, que quando surgia uma alteração se tornavam obsoletas, havendo necessidade de alguém transmitir a informação necessária aos operadores. Tornou-se também bastante mais fácil e rápido consultar informação e a localização e estado de uma carpete específica.

Futuramente, a melhoria contínua das operações e dos processos, em conjunto com a implementação do APS poderá ter um impacto mais significativo na empresa. Neste sentido, foram detetados alguns problemas nos acabamentos, referidos no Capítulo 3, que poderão ser alvos de melhorias futuras. A falta de organização na fila de espera da máquina de aparar deve-se ao modo como as carpetes são colocadas, tornando muito difícil uma organização lógica das carpetes. Uma possível solução para o futuro será colocar estantes no lugar das mesas de modo a organizar as carpetes, colocando-as numa posição frontal onde, desta maneira, utilizando menos espaço longitudinal do que com as mesas, será possível colocar mais carpetes, permitindo mais fácil acesso e ausência de obstruções. Foi realizado um estudo para avaliar quais as dimensões de carpetes mais encomendadas para entender qual a profundidade necessária para dar às estantes e concluiu-se que as dimensões mais produzidas têm como dimensão mínima 3 metros. Deste modo, as carpetes até esta dimensão seriam colocadas nas estantes que teriam 4 alturas com incrementos de 50cm entre si, desde os 0m até 1,5m e profundidade de 3m. As carpetes com dimensões superiores, seriam mantidas em mesas, colocadas em comprimento, de modo a poderem ser colocadas carpetes com as mais variadas dimensões, até 9 metros. Como estas carpetes de grandes dimensões serão a minoria, dificilmente ficarão obstruídas e, como tal, o fácil acesso mantém-se nestes casos.

De modo a facilitar a colocação destas carpetes nas estantes, outra sugestão seria colocar autocolantes com cores distintas, cada uma correspondente a uma semana, colocados ao baixar a carpeta. Assim, haveria zonas específicas para colocar as carpetes de cada semana e a utilização das cores permitiria que de forma fácil e intuitiva as carpetes fossem colocadas nos sítios corretos e ao longo de todos os acabamentos houvesse uma gestão visual mais simples das carpetes.

Referências

- Bidgoli, H. 2004. *The Internet Encyclopedia*. *The Internet Encyclopedia*. <https://doi.org/10.1002/047148296x>.
- Bou Shaala, A., M. A. Shouman, e S. Esheem. 2012. «Genetic Algorithm based on Some Heuristic Rules for Job Shop Scheduling Problem», 1–6.
- Carlos, L., e M. Pires. 2004. «Desenvolvimento de um sistema de planeamento e controlo da produção para empresas distribuídas virtuais». <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/645/1/Tese-LuisPires.pdf>.
- Chase, R. B., N. J. Aquilano, e F. R. Jacobs. 2006. «Operations management for competitive advantage».
- Chung, S. L., e M. Der Jeng. 2002. «Manufacturing Execution System (mes) for semiconductor manufacturing». *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* 4 (2): 7–11. <https://doi.org/10.1109/icsmc.2002.1173220>.
- Corrêa, H. L., e I. G. N. Ganesi. 2000. *Just in Time, MRP II E OPT: Um Enfoque Estratégico*. Editora Atlas SA.
- Crama, Y., Y. Pochet, e Y. Wera. 2001. «A Discussion Of Production Planning Approaches In The Process Industry».
- Davenport, T. 1998. «Putting the Enterprise into the Enterprise System». *Harvard Business Review*, 121–32. http://facweb.cti.depaul.edu/jnowotarski/is425/hbr_enterprise_systems_davenport_1998_jul-aug.pdf.
- Entrup, M. L. 2005. *Advanced Planning in Fresh Food Industries: Integrating Shelf Life into Production Planning*. Contributions to Management Science. Physica-Verlag HD. <https://books.google.pt/books?id=9cq4cXjSrowC>.
- Faé, C. S., e A. Erhart. 2005. «A introdução de ferramentas APS nos sistemas de Planeamento, Programação e Controlo da Produção». *Production*, n. 2003: 9–16.
- Harrison, D. K., e D. J. Petty. 2002. *Systems for Planning & Control in Manufacturing*.
- Hartmut, S., e C. Kilger. 2008. *Supply Chain Management and Advanced Planning Systems: A Tutorial*. *Supply Chain Management und Logistik*. https://doi.org/10.1007/3-7908-1625-6_1.
- Jodlbauer, H., e S. Reitner. 2012. «Material and capacity requirements planning with dynamic lead times». *International Journal of Production Research* 50 (16): 4477–92. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.603707>.
- Kanet, J. J. 1986. «Toward a better understanding of lead times in MRP systems». *Journal of Operations Management* 6 (3–4): 305–15. [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(86\)90006-9](https://doi.org/10.1016/0272-6963(86)90006-9).
- Kumar, S. A., e N. Suresh. 2008. *Production And Operations Management*. New Age

- International (P) Limited. <https://books.google.pt/books?id=AHYBO5eRIzgC>.
- Mimoso, T. A. V. 2018. «Implementação de Uma Ferramenta de Programação Avançada da Produção Numa Empresa de Tintas».
- Moreira, D. A. 2008. *Administração da produção e operações*. CENGAGE DO BRASIL. <https://books.google.pt/books?id=USuFPgAACAAJ>.
- Motiwalla, L., e J. Thompson. 2012. *Enterprise Systems for Management 2nd Edition*. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1795963>.
- Musselman, K., e J. O. Reilly. 2002. «Proceedings of the 2002 winter simulation conference - Volume 2». *Winter Simulation Conference Proceedings 2*: 1825–30.
- Neo. 2020. «No Title». *Planeamento, Programação e Controlo da Produção (PPCP) na Indústria 4.0 – Sector Têxtil*.
- Orlicky, J., e G. Plossl. 1994. *Orlicky's Material Requirements Planning*. McGraw-Hill Companies, Incorporated. <https://books.google.pt/books?id=AUZ-cbdNegkC>.
- Osman, I. H., e J. P. Kelly. 1997. «Meta-Heuristics Theory and Applications». *Journal of the Operational Research Society* 48 (6): 657–657. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600781>.
- Pittman, P., e J. B. Atwater. 2016. «APICS Dictionary, 15th Edition».
- Proud, J. F. 2007. «Master Scheduling». <https://doi.org/10.1002/9781119201748>.
- Salvendy, G. 2001. *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management. Handbook of Industrial Drying*. <https://doi.org/10.1201/9780429289774>.
- Silva, M. 2011. «Sistema Avançado de Planeamento Industrial : o caso de estudo Izaro APS».
- Slack, N, S. Chambers, e R. Johnston. 2009. *Administração da produção*. Atlas. <https://books.google.pt/books?id=VCkMQgAACAAJ>.
- Slack, Nigel, S. Chambers, e R. Johnston. 2002. «Administração da Produção».
- Sothis. 2020. «No Title». *Implementação do Siemens Opcenter Scheduling*.
- Swamidass, P. M., ed. 2000. «COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT». Em *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*, 134–35. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/1-4020-0612-8_194.
- «TFS». 2020. 2020. Acedido 8 de Fevereiro de 2021. <https://ferreiradesa.pt/products.php>.
- Ugarte, B. S. De, A. Artiba, e R. Pellerin. 2009. «Manufacturing execution system - A literature review». *Production Planning and Control* 20 (6): 525–39. <https://doi.org/10.1080/09537280902938613>.
- Vollmann, T. E., W. L. Berry, e D. C. Whybark. 1997. *Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management: The Definitive Guide for Professionals*. General Finance & Investing. McGraw-Hill Education. <https://books.google.pt/books?id=1HrwqYad2WMC>.
- Wallace, T. F., e M. H. Kremzar. 2001. *Erp Make It Happen*.

ANEXO A: Processo de alocação de tela desenvolvido



Tela:

Alocar

Desalocar

Atualizar

Cancelar

MAPAS SEM ESTRUTURA

Estrutura	Larg Min	Alt Min	Robot	Numero	Inicio Robot	Tipo Tela	Obs
	6,14	4,11	R05	30357	29/01/2021	Branca	
	2,13	3,4	R06	29990	29/01/2021	Normal (60/60)	
	2,13	3,4	R13	30208	29/01/2021	Branca	
	6,7	5,1	R11	29930	29/01/2021	Branca Cosida	
	3,13	3,4	R07	29872	29/01/2021	Branca	
	0	0	R03	30364	29/01/2021	Branca	
	4,13	4,25	R10	30265	29/01/2021	Normal (60/60)	
	4,13	4,25	R06	30365	29/01/2021	Branca	
	2,13	3,4		30385	29/01/2021	Branca	
	4,13	4,25	R02	30139	29/01/2021	Branca	
	3,13	3,6	R13	30095	29/01/2021	Branca	
	6,1	0	R03	30359	29/01/2021	Branca	
	6,13	4,11	R01	30069	29/01/2021	Branca	
	3,13	3,4	R07	29874	29/01/2021	Branca	
	6,14	4,11	R04	30371	29/01/2021	Branca	
	3,12	3,2	R12	30195	01/02/2021	Branca	

MAPAS COM ESTRUTURA

Estrutura	Larg Min	Alt Min	Robot	Numero	Inicio Robot	Tipo Tela	Obs
-----------	----------	---------	-------	--------	--------------	-----------	-----

Seleção de uma ferramenta de planeamento avançado da produção numa indústria de tapeçarias

Lista de Estruturas

USAR VAZIA RECO / A RECO OCUPADA DAR COLA RETIFICAR

Imprimir

Registar Atualizar Confirmar Cancelar

Drag a column header here to group by that column

Texto a procurar... Find

L...	Alt.	Estrutura	Ult.Op.Fechada	Ultima Operacao Fechada	Fim Ult.Op.Fechada	Secagem (h)	Fim Secagem	Estado Secagem	Data Expedição	Operadores	Cola
2.13	3.4	E09						VAZIA		JOSE CARDOSO	
2.13	3.6	E30						VAZIA		ANDRÉ CORREIA	
2.13	0.85	E51.2						VAZIA		ANDRÉ CORREIA	
2.13	3.55	E65						VAZIA		JOSE CARDOSO	
3.13	3.6	E26						VAZIA		SÉRGIO BARBOSA	
3.13	3.4	E28						VAZIA		JOSE CARDOSO	
3.13	3.2	E38						VAZIA		RAFAEL LEITE	
4.13	4.25	E34						VAZIA		RAFAEL LEITE	
4.13	4.25	E35						VAZIA		ANDRÉ CORREIA	

[Estado Secagem] = 'VAZIA'

Edit Filter

Estrutura	Ult.Op.Fechada	UltimaOperacaoFechada	Data Expedição	Cola	Serie	Numero	Item	Ref.Interna	Larg.	Comp.	Un.	NOrdemOperacaoAtual	OperacaoAtual	OperacaoSeguin
E09														

Lista de Estruturas

USAR VAZIA RECO / A RECO OCUPADA DAR COLA RETIFICAR

Imprimir

Registar Atualizar Confirmar Cancelar

Drag a column header here to group by that column

Texto a procurar... Find

L...	Alt.	Estrutura	Ult.Op.Fechada	Ultima Operacao Fechada	Fim Ult.Op.Fechada	Secagem (h)	Fim Secagem	Estado Secagem	Data Expedição	Operadores	Cola
2.13	3.4	E47	(E) Colocar Tela		05/02/2021 00:20			USAR		DOMINGOS FERREIRA	
2.13	3.4	E48	(E) Colocar Tela		08/02/2021 12:26			USAR		ERNESTO MAIA	
2.13	1.2	E51.1	(E) Colocar Tela		08/02/2021 12:12			USAR		ERNESTO MAIA	
2.13	1.2	E52.1	(E) Colocar Tela		08/02/2021 02:39			USAR		RAFAEL LEITE	
2.13	0.85	E52.2	(E) Colocar Tela		03/02/2021 08:29			USAR		SÉRGIO BARBOSA	
2.13	3.55	E66	(E) Colocar Tela		08/02/2021 11:44			USAR		ERNESTO MAIA	
3.13	3.4	E29	(E) Colocar Tela		08/02/2021 10:17			USAR		BRUNO ROCHA	
3.13	3.2	E37	(E) Colocar Tela		08/02/2021 10:00			USAR		BRUNO ROCHA	
3.13	3.6	E43	(E) Colocar Tela		08/02/2021 11:12			USAR		ERNESTO MAIA	

[Estado Secagem] = 'USAR'

Edit Filter

Estrutura	Ult.Op.Fechada	UltimaOperacaoFechada	Data Expedição	Cola	Serie	Numero	Item	Ref.Interna	Larg.	Comp.	Un.	NOrdemOperacaoAtual	OperacaoAtual	OperacaoSeguin
E47														

Seleção de uma ferramenta de planeamento avançado da produção numa indústria de tapeçarias

Tela








MAPAS SEM ESTRUTURA

Estrutura	Larg Min	Alt Min	Robot	Numero	Inicio Robot	Tipo Tela	Obs
	2,13	3,4	R06	29990	29/01/2021	Normal (60/60)	
	2,13	3,4	R13	30208	29/01/2021	Branca	
	6,7	5,1	R11	29930	29/01/2021	Branca Cosida	
	3,13	3,4	R07	29872	29/01/2021	Branca	
	0	0	R03	30364	29/01/2021	Branca	
	4,13	4,25	R10	30265	29/01/2021	Normal (60/60)	
	4,13	4,25	R06	30365	29/01/2021	Branca	
	2,13	3,4		30385	29/01/2021	Branca	
	4,13	4,25	R02	30139	29/01/2021	Branca	
	3,13	3,6	R13	30095	29/01/2021	Branca	
	6,1	0	R03	30359	29/01/2021	Branca	
	6,13	4,11	R01	30069	29/01/2021	Branca	
	3,13	3,4	R07	29874	29/01/2021	Branca	
	6,14	4,11	R04	30371	29/01/2021	Branca	

MAPAS COM ESTRUTURA

Estrutura	Larg Min	Alt Min	Robot	Numero	Inicio Robot	Tipo Tela	Obs
E47	6,14	4,11	R05	30357	29/01/2021	Branca	