



Planeamento e Controlo do corte de materiais numa empresa do setor aeronáutico

CLARA ISABELA TAIPA COELHO DE SOUSA
setembro de 2022

PLANEAMENTO E CONTROLO DO CORTE DE MATERIAIS NUMA EMPRESA DO SETOR AERONÁUTICO

Clara Isabela Taipa Coelho de Sousa

1170603

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



PLANEAMENTO E CONTROLO DO CORTE DE MATERIAIS NUMA EMPRESA DO SETOR AERONÁUTICO

Clara Isabela Taipa Coelho de Sousa

1170603

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Eduardo Gil da Costa.

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutora Elza Maria Fonseca

Professora Coordenadora, ISEP

Orientador

Especialista Eduardo Gil da Costa

Professor Adjunto, ISEP

Arguente

Doutora Maria Beatriz Oliveira

Professora Auxiliar, FEUP

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer à minha mãe e ao meu irmão por todo o apoio que me foi dado ao longo do meu percurso académico e ao longo da minha vida. Sem eles isto não seria possível e não há como agradecer-lhes todo o apoio que me foi dado.

Agradeço também ao meu orientador da empresa, Tiago Moutinho por tudo o que me ensinou e por ter sempre disponibilidade para me ajudar em tudo o que eu precisei e por todo o conhecimento transmitido.

Agradeço aos colaboradores da sala do corte, por tudo o que ensinaram e por toda a paciência que tiveram comigo ao longo do estágio.

Agradeço também ao meu orientador do ISEP, Eduardo Gil da Costa, por todo o conhecimento transmitido e por todas as trocas de ideias ao longo deste projeto.

Quero agradecer a todos os meus amigos pelo apoio que me foi dado ao longo deste projeto e ao longo de todo o meu percurso académico, porque com eles tudo foi mais fácil.

Por fim, agradeço de forma especial ao João Pereira por todo o apoio, pela motivação e entejuda que me deu ao longo deste percurso.

PALAVRAS-CHAVE

Planeamento e Controlo da Produção, Ferramentas *Lean*, *Lean Warehousing*

RESUMO

Nos dias de hoje, o mercado global é altamente competitivo, o que leva a que as organizações tenham necessidade de procurar métodos e ferramentas que os ajudem a alcançar a maior qualidade dos produtos, assim como eliminar desperdícios, de modo a entregarem os produtos no mínimo tempo possível e com os menores custos associados.

Realizar um planeamento adequado e ter um controlo do mesmo torna-se fundamental para que haja um melhor controlo da produção, uma vez que é permitido prever atrasos, saber quais os itens e as quantidades dos mesmos que devem ser produzidos num dado período de tempo e promover o desenvolvimento de ações para que os prazos de entrega sejam cumpridos.

De modo a ajudar a que os prazos de entrega sejam cumpridos e que a qualidade dos itens seja sempre garantida, utilizam-se ferramentas *lean*, uma vez que estas ferramentas fazem com que os processos se realizem da melhor forma possível, acabando por eliminar desperdícios e promovendo um aumento da eficiência dos processos.

Neste projeto foram ser aplicadas ferramentas *lean* no processo do corte de uma empresa do setor aeronáutico, uma vez que com as ferramentas *lean* é possível diminuir tempos desnecessários e desperdícios associados ao processo de corte. A implementação destas mesmas ferramentas também se torna essencial quando associadas a armazéns.

Numa segunda parte deste projeto irão ser estudados *standards* de armazenamento de materiais, de modo que o abastecimento da máquina de corte se realize de forma rápida e da maneira mais correta possível. Irão também ser estudados *nestings* que garantam a poupança de material e ainda formas de aumentar a eficiência da máquina de corte. A nível do planeamento irá realizar-se um reajustamento do planeamento à máquina de corte, otimizando *setups*, tempos de corte e tempos de espera.

O *standard work* torna-se fundamental para reduzir variações existentes nos processos fazendo com que se implemente a melhor maneira de realizar os processos, eliminando desperdícios e erros.

KEYWORDS

Production Planning and Control, Lean Tools, Lean Warehousing

ABSTRACT

Nowadays, the global market is highly competitive, which leads to the need for organizations to seek methods and tools that help them achieve the highest quality of products, as well as eliminate waste, in order to deliver products in the shortest possible time and with the lowest associated costs.

Adequate planning and control is essential for better production control, since it allows to predict delays, to know which items and how many of them should be produced in a given period of time, and to promote the development of actions so that delivery deadlines are met.

In order to help that the delivery deadlines are met and that the quality of the items is always guaranteed, lean tools are used, since these tools make the processes run in the best possible way, ultimately eliminating waste and promoting an increase in process efficiency.

In this project lean tools were applied to the cutting process of an aeronautic company, since with lean tools it is possible to reduce unnecessary time and waste associated with the cutting process. The implementation of these same tools also becomes essential when associated with warehouses.

In the second part of this project we will study storage standards for materials, so that the supply of the cutting machine can be done quickly and in the most correct way possible. Nestings that guarantee material savings will also be studied, as well as ways to increase the efficiency of the cutting machine. In terms of planning, the planning will be readjusted to the cutting machine, optimizing setups, cutting times, and waiting times.

Standard work becomes fundamental to reduce existing variations in processes by implementing the best way to perform the processes, eliminating waste and errors.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AR	Action Research
FIFO	First In First Out
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	<i>Just In Time</i>
KPI	<i>Key Performace Indicator</i>
LIFO	<i>Last In Last Out</i>
MRP	Manufacturing Resources Planning
OPL	<i>One Point Lesson</i>
PAP	Plano Agregado da Produção
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PDP	Plano Diretor da Produção
PPC	Planeamento e Controlo da Produção
SAP	System Analysis Program Development
SFC	Shop Floor Control
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>

Lista de unidades

h	horas
---	-------

m	metros
---	--------

Lista de símbolos

%	percentagem
---	-------------

€	euros
---	-------

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	Gargalo
<i>Input</i>	Entrada
<i>Layout</i>	Esquema que indica a disposição de itens ou locais num dado espaço
MOD	Mão de obra direta
<i>Output</i>	Resultado do processo
<i>Picking</i>	Separação e preparação de pedidos
<i>Standard Work</i>	Trabalho normalizado

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Planeamento do projeto	4
Figura 2- Fases do Planeamento e Controlo da Produção (Fonte: Cavaco & Ávila, 2016a)	11
Figura 3- Ciclo PDCA modificado (Fonte: Matthews, 2011)	16
Figura 4-Evolução do tempo de setup durante a aplicação do SMED (Fonte: A. Silva et al., 2020)	18
Figura 5- <i>Layout</i> da empresa de setor aeronáutico.....	30
Figura 6- <i>Nesting</i>	30
Figura 7- Molde com peça fechada em saco de vácuo	31
Figura 8- Parâmetros gerais do autoclave.....	32
Figura 9- Percurso base (percurso castanho) e percurso de peças que vão a subcontratado (percurso azul)	33
Figura 10- Percurso base (percurso castanho) e percurso interno (percurso roxo)	34
Figura 11- Planeamento diário do corte originando 29 trocas de rolo	39
Figura 12- Etiqueta com indicações sobre o rolo em questão	40
Figura 13- Armazenamento dos materiais na Câmara Frigorífica	41
Figura 14- <i>Layout</i> da arca frigorífica desadequado	43
Figura 15- (a) Kits A e B impedindo posicionamento de mais do que uma caixa nas estantes inferiores e (b) Possibilidade de esquecimento de kits A e B	44
Figura 16- Antecâmara	45
Figura 17- Máquina de corte <i>Lectra</i>	46
Figura 18- (a) Lâmina de corte e (b) Máquina de corte	47
Figura 19-Identificação de telas	47
Figura 20- Telas corretamente carimbadas.....	48
Figura 21- <i>Marker Making</i> programa de criação de <i>nestings</i>	49
Figura 22- <i>Marker Manager</i> programa que corre o <i>nesting</i>	49
Figura 23-Seleção da <i>nesting</i> a cortar.....	50
Figura 24-Organização de telas de um kit.....	51
Figura 25- (a) dimensões das telas do programa A e (b) quantidade de telas do kit do programa A.....	51

Figura 26- Desorganização em sala por falta de meios auxiliares	52
Figura 27- (a) kit com OP e (b) código de barras com kit	53
Figura 28- Comparação entre o planeamento planeado e o realizado.....	58
Figura 29- Divisão de rolo de vidro 1	60
Figura 30- Trocas de rolos semanais.....	61
Figura 31- Nestings realizados e redução de custos.....	63
Figura 32- Desorganização do corte de telas por enumeras telas existentes por <i>part numbers</i>	67
Figura 33- Gráfico dos caducados/Estragos	68
Figura 34- (a) Afastamento de 15 cm das estantes e (b) Remoção das travessas das prateleiras	69
Figura 35- Kits de carbono colocados no fundo da arca frigorífica.....	71
Figura 36- Kits de adesivo e malha em arca.....	72
Figura 37- <i>Layout</i> correto da arca frigorífica.....	73
Figura 38- <i>Layout</i> com stock mínimo.....	74
Figura 39- Antecâmara	75
Figura 40- Horário de abertura da arca frigorífica.....	75
Figura 41- Folha de controlo do não cumprimento de horário de abertura da arca frigorífica	76
Figura 42- Antes da implementação dos 5S.....	77
Figura 43- Depois da implementação dos 5S	77
Figura 44- Criação de mais dois carros de abastecimento direto a <i>layup</i>	79
Figura 45- Kits de malha e dois adesivos	80
Figura 46- (a) Monte de kits dos adesivos 1 e 2 e (b) monte de kits de malha	81
Figura 47- Preenchimento de OP	83
Figura 48- Projeto de melhoria	87
Figura 49- (a) kit de maiores dimensões enrolado (b) kit de menores dimensões enrolado.....	91
Figura 50- Carro de transporte de caixas e rolos.....	91
Figura 51- <i>Layout</i> futuro da Antecâmara.....	92

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos 5S	14
Tabela 2- Ciclo PDCA	16
Tabela 3- Critérios SMART para validação dos KPI (Fonte:(Selvik et al., 2021))	23
Tabela 4- Programas existentes e respetivas divisões	35
Tabela 5- Lista de materiais existentes	36
Tabela 6-Problemas encontrados e propostas de melhoria	55
Tabela 7- Definição de quantidades mínimas de corte	59
Tabela 8- Redução de custos do <i>nesting</i> de 2 aviões B2 mais 2 aviões B3 do material carbono 1	64
Tabela 9- Redução de custos do <i>nesting</i> do programa B1	65
Tabela 10- Redução de custos do <i>nesting</i> dos quatro materiais utilizados no programa C	65
Tabela 11- Redução de custos do <i>nesting</i> dos cinco materiais utilizados no programa D	66
Tabela 12- Redução de custos de <i>nestings</i> em produção	66
Tabela 13- Quantidade de rolos mínima e máxima a ter em arca frigorífica	70
Tabela 14- Problema da existência de carros insuficientes	79
Tabela 15- Problema na organização de telas do programa A	81
Tabela 16- Problema ergonómico	82
Tabela 17- Problema no preenchimento de OP	83
Tabela 18- Resumo da redução de tempos MOD	84
Tabela 19- Objetivos e resultados do projeto	89

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Contextualização.....	3
1.2	Objetivos.....	4
1.3	Metodologias.....	5
1.4	Empresa de Acolhimento.....	5
1.5	Estrutura do Relatório.....	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Introdução.....	9
2.2	Planeamento e Controlo da Produção.....	9
2.2.1	<i>Shop Floor Control (SFC)</i>	11
2.3	Pensamento <i>Lean</i>	12
2.4	Ferramentas <i>Lean</i>	13
2.4.1	5S.....	14
2.4.2	PDCA.....	15
2.4.3	A3.....	17
2.4.4	<i>Kaizen</i>	17
2.4.5	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	18
2.4.6	Controlo Visual.....	19
2.4.7	<i>Kanban</i>	19
2.4.8	<i>Standard Work</i>	20
2.5	Indicadores de desempenho (KPI).....	21
2.5.1	Introdução.....	21
2.5.2	Seleção de Indicadores de Desempenho.....	22

2.6	<i>Lean Warehousing</i>	23
2.6.1	<i>Layout</i>	24
2.6.2	Métodos de Armazenagem.....	25
3	DESENVOLVIMENTO.....	29
3.1	Análise dos Processos Gerais da Empresa	29
3.1.1	Programas Existentes	34
3.2	Identificação de Problemas	37
3.2.1	Planeamento entre Corte de Telas e <i>Layup</i>	37
3.2.2	Planeamento do Corte de Telas	38
3.2.3	Armazenamento dos Materiais.....	40
3.2.4	Aprovisionamento de Materiais Caducáveis à Máquina de Corte	44
3.2.5	Máquina de Corte e Respetivos <i>Nestings</i>	46
3.2.6	Organização das Telas Cortadas.....	50
3.2.7	Armazenamento de Kits na Arca Frigorífica.....	53
3.2.8	Inventário da Arca Frigorífica.....	54
3.2.9	Ergonomia.....	54
3.2.10	Resumo dos Problemas Encontrados e Propostas de Melhoria	54
3.3	Desenvolvimento e Implementação de Propostas de Melhoria.....	56
3.3.1	Controlo do Planeamento entre Corte e <i>Layup</i>	57
3.3.2	Controlo e Sequenciamento do Corte de Materiais.....	57
3.3.3	Criação de <i>Nestings</i> para Otimizar Material	61
3.3.4	<i>Standards</i> de Armazenamento de Materiais	69
3.3.5	Aprovisionamento de Materiais Caducáveis à Máquina do Corte	74
3.3.6	Implementação dos 5S no Posto de Trabalho.....	76
3.4	Redução de Tempos de Mão de Obra Direta (MOD)	78
3.4.1	Falta de Meios Auxiliares ao Corte.....	78
3.4.2	Ausência de Método de Organização de Telas e Materiais.....	79
3.4.3	Ergonomia.....	82

3.4.4	Ausência de Carimbos Datadores.....	82
3.4.5	Ganhos Totais na Redução de Tempos de Mão de Obra Direta (MOD)	83
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	87
4.1	Principais Contributos do Trabalho Realizado	87
4.2	Propostas de Trabalhos Futuros	90
4.2.1	Aprovisionamento de Materiais Caducáveis à Máquina de Corte	90
4.2.2	Controlo do Tapete da Máquina de Corte.....	92
4.2.3	Meios para Organização de Telas.....	92
4.2.4	Ergonomia.....	93
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	97
6	ANEXOS	105
6.1	Anexo 1- OPL de Quantidades Mínimas de Corte.....	105
6.2	Anexo 2- OPL de Limpeza de Lâminas de Corte.....	106
6.3	Anexo 3- OPL de Abastecimento de Kits do Corte e <i>Layup</i>	107
6.4	Anexo 4- OPL de Limpeza no Posto de Trabalho.....	108
6.5	Anexo 5- OPL de Planeamento do Corte	109

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologias
- 1.4 Empresa de Acolhimento
- 1.5 Estrutura do Relatório

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo é realizada uma introdução ao trabalho desenvolvido, sendo feita uma contextualização, definidos os objetivos e as metodologias implementadas, para que se realize uma correta revisão bibliográfica. No final é feita uma breve apresentação da empresa de acolhimento.

1.1 Contextualização

O mercado atual é exigente, o que faz com que as organizações queiram melhorar constantemente, face a se adaptarem ao mesmo, alcançando oportunidades de melhoria. Para tal as organizações devem melhorar a sua gestão de tempo e ter bem definidas prioridades, melhorando assim a organização (Choomlucksana et al., 2015).

De forma às organizações apresentarem vantagens competitivas devem ser cumpridos e otimizados os prazos de entrega e ter como foco a qualidade dos produtos. O Planeamento e Controlo da Produção (PCP) define quantidades de produtos a produzir e garante a boa funcionalidade de toda a organização, tendo prazos bem definidos para cada tarefa (Zipfel et al., 2019) .

A organização deve também ter foco na melhoria contínua implementando métodos e ferramentas *lean* que maximizem vantagens competitivas. As ferramentas e metodologias *lean* eliminam as atividades que não agregam valor, melhorando a eficiência nos processos de produção (Monteiro et al., 2017).

A eliminação de atividades que não agregam valor acarreta um impacto positivo nas organizações, visto que surgem oportunidades devido à identificação destas mesmas atividades (Correia et al., 2018). Para se proporcionar esta eliminação é ideal seguir os processos com regularidade e analisar e registar dados.

Ao longo deste relatório serão abordadas ferramentas *lean* que desencadeiam melhorias contínuas e que promovem um melhor desempenho da organização face às adversidades do mercado, tendo em especial foco a qualidade dos produtos no processo de corte.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste projeto são a redução dos desvios do consumo real versus teórico de 2% para 1%, a redução dos custos dos caducáveis de 35.000 € para 20.000 € e ainda o aumento da eficiência da máquina de 75% para 90%.

De modo a estes objetivos serem alcançados foi utilizada a ferramenta de gestão de projetos utilizada na empresa (“projetos A3”) para promover o alcance dos mesmos, e analisar os progressos do trabalho realizado. As ações para alcançar os objetivos são:

- Sequenciamento corte materiais;
- Criar *nestings standard*;
- Criação de *standards* de armazenamento de materiais caducáveis;
- Planeamento do aprovisionamento de materiais caducáveis à máquina de corte;
- Implementação de 5S no posto de trabalho;
- Implementação de melhorias para redução de tempos de mão de obra direta e de aprovisionamento à célula de moldação manual.

Na Figura 1 é apresentado o planeamento do projeto:

Id.	FASE	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
1	Análise												
2	Planeamento												
3	Execução												
4	Verificação												
5	Fecho												

Figura 1-Planeamento do projeto

1.3 Metodologias

De modo a realizar o projeto foi utilizada a metodologia *Action Research* (AR), uma vez que a mesma se centra na pesquisa e investigação teórica, que mais tarde é aplicada a situações reais, que ajudam a organização a responder às suas necessidades (Ribeiro et al., 2019).

A metodologia AR baseia-se na descoberta de um problema e posteriormente a procura de uma ação que permita resolver esse mesmo problema. A ação tem sempre um suporte teórico, fazendo com que o teórico e o real estejam sempre relacionados (Mourato et al., 2020).

Esta metodologia é cíclica uma vez que envolve uma espiral de ciclos, visto que inicialmente são estabelecidos objetivos e são implementadas ações até ao alcance destes mesmos objetivos. No final é realizada uma reflexão crítica (Eden & Ackermann, 2018).

De modo a ser implementada esta metodologia, utiliza-se um método cíclico constituído por cinco fases (Ribeiro et al., 2019):

- **Diagnosticar:** identificação do problema e estabelecimento do objetivo pretendido a alcançar;
- **Planeamento de ações:** ações que permitam alcançar os objetivos estabelecidos;
- **Implementação de ações;**
- **Avaliação das ações:** analisar se as ações implementadas estão de acordo com as expectativas e se não se alteram ao longo do tempo;
- **Conclusões.**

1.4 Empresa de Acolhimento

O desenvolvimento deste projeto decorre numa empresa do setor aeronáutico que se dedica à produção de peças metálicas, peças em material compósito e à montagem de aeroestruturas de pequena e média dimensão.

A empresa ambiciona ser uma empresa de referência no setor aeronáutico, tendo como prioridade satisfazer as necessidades dos clientes, de forma competitiva e eficaz, assegurando sempre a qualidade máxima dos seus produtos. Ao mesmo tempo pretende expandir a sua atividade a outros clientes da indústria aeronáutica no mercado europeu e noutros mercados.

Atualmente a empresa trabalha de acordo com as normas mais exigentes dos *Original Equipment Manufacturers* (OEM) e os mais elevados padrões de qualidade exigidos pelos seus clientes.

1.5 Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se dividido em quatro capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Desenvolvimento, e Conclusões e Propostas de Melhoria de Trabalho Futuro.

No primeiro capítulo, Introdução, foi feita uma contextualização do trabalho, foram definidos os objetivos do trabalho, e foi apresentada a metodologia aplicada ao longo do trabalho. Neste capítulo é abordada a estrutura do relatório e ainda é realizada uma breve análise da empresa de acolhimento.

No segundo capítulo do relatório é feita a revisão bibliográfica que é realizada com base no planeamento e controlo da produção, no pensamento *lean*, nas ferramentas *lean* utilizadas pela empresa de acolhimento e por fim o *lean warehousing*.

No terceiro capítulo é efetuada uma análise ao que é produzido na empresa e como os produtos são produzidos. Aborda-se também os problemas existentes e fazem-se propostas de melhoria para esses mesmos problemas.

No quarto capítulo realizam-se as Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Introdução
- 2.2 Planeamento e Controlo da Produção
- 2.3 Pensamento *Lean*
- 2.4 Ferramentas *Lean*
- 2.5 Indicadores de Desempenho
- 2.6 *Lean Warehousing*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica das diferentes áreas e temas abordados ao longo do projeto.

2.1 Introdução

A revisão bibliográfica traduz-se numa pesquisa que serve de sustentação e suporte dos capítulos seguintes. Este capítulo inicia-se com uma pesquisa sobre o planeamento e controlo da produção, passando de seguida para o pensamento *lean* e consequentemente referindo as suas ferramentas.

No final deste capítulo referencia-se ao *lean warehousing*, caracterizando os seus componentes mais importantes e da sua importância num contexto organizacional e ainda se abordam os KPI e a sua importância no contexto organizacional.

2.2 Planeamento e Controlo da Produção

O mercado global expõe as organizações a realidades desafiadoras, pelo que devem estar à altura destas mesmas realidades, cumprindo com prazos de entrega, com a qualidade dos produtos produzidos e ainda com custos acessíveis (Theumer et al., 2021). Para que as organizações se adaptem a estas realidades, devem garantir um constante ajuste entre o planeamento e controlo da produção (PCP) e a produção (Romsdal et al., 2021).

O Planeamento e Controlo da Produção (PCP) torna-se fundamental para que as empresas apresentem vantagens competitivas, uma vez que com o mesmo há uma otimização nos prazos de entrega, o stock é minimizado e os tempos de produção são geridos de uma forma mais precisa (Zipfel et al., 2019).

O PCP implementa correções, face aos desvios do produzido em relação ao planeado e para além disso define as quantidades de produtos a produzir e o seu respetivo tempo, tendo sempre como foco garantir a qualidade dos seus produtos. Um elo fundamental

para uma produção eficiente, é o PCP, uma vez que ligado a um planeamento está presente um controlo (Usuga Cadavid et al., 2019).

De modo a realizar um correto planeamento é necessário ter-se uma visão estratégica e com a mesma ganhar uma vantagem competitiva. O Plano Agregado da Produção (PAP) dá consistência à estratégia anteriormente definida, uma vez que equilibra os requisitos de produção e de capacidade, agregando os recursos e os objetivos da organização e faz isto para horizontes a longo prazo (Entringer & Ferreira, 2018).

O PAP tem como objetivo minimizar os custos, maximizando a utilização de recursos e minimizando mudanças na produção. Este planeamento é gerido através de previsões, com base na procura e estabelece níveis de *output* por famílias de produtos e mais tarde analisa as respostas da estratégia implementada (Attia et al., 2022).

O PAP serve de *input* para a introdução do Plano Diretor da Produção (PDP). Este plano diretor é um plano a médio/longo prazo e é formulado dentro do horizonte temporal do planeamento agregado. O PDP tem como principal objetivo programar no horizonte temporal as quantidades de produção, minimizando o custo e maximizando a utilização do *bottleneck* (Herrera & Thomas, 2009).

Para que se possam introduzir modificações com segurança o horizonte temporal do PDP, deverá ser maior do que o *lead time* global dos produtos que o integram. Este planeamento é o quadro de partida para o planeamento de necessidade em capacidade e para o planeamento das necessidades em ordens.

Ainda existem técnicas que apoiam o planeamento a curto prazo, como *Manufacturing Resources Planning* (MRP), uma vez que o mesmo ajuda no processo de controlo da produção, dizendo quando deve ser o término da produção, quais os materiais que irão ser necessários para a produção, quando se deve iniciar e ainda proporciona um melhor controlo do inventário e promove a sua atualização (Diaz-Madroflero et al., 2015).

Na Figura 2 é possível observar as diferentes fases do planeamento do controlo da produção.



Figura 2- Fases do Planeamento e Controlo da Produção (Fonte: Cavaco & Ávila, 2016a)

2.2.1 Shop Floor Control (SFC)

O *Shop Floor* é onde se encontram as linhas de produção e é lá que se produzem os produtos vendidos pela empresa, pelo que é importante haver um constante controlo do mesmo, para evitar erros e aumentar a eficiência da produção e dos métodos de realização dos processos.

O *Shop Floor Control* é um controlo a curto prazo, tendo por isso um horizonte de planeamento mais curto, do que a validade dos seus planos.

Uma vez que o SFC é aplicado a um ambiente bastante dinâmico é necessário haver um controlo regular do mesmo, o que leva a uma maior exigência face ao rigor pelo cumprimento de regras e prazos, visto que podem ocorrer alterações no planeamento (Mourtzis et al., 2015).

As responsabilidades ao nível do SFC, são (Cavaco & Ávila, 2016b):

- **Carregamento:** avaliação da disponibilidade de materiais, equipamentos e pessoas;

- **Sequenciamento:** lançamento de ordens, emissões de listas de despacho para a máquina e centro de trabalho;
- **Monitorização:** Acompanhamento da execução das ordens de fabrico;
- **Controlo:** Análise das operações e das transações processadas no sistema de produção. Avalia a que nível é que a qualidade, prazos, custos e métodos estão a ser cumpridos e implementa ações de modo a corrigir erros.

Para que o SFC seja realizado de uma melhor forma, existem fatores chave a ter em conta, como a capacidade de visualizar o que se passa no chão de fábrica e conseguir tomar decisões em tempo real, ter capacidade de ajustamento face às adversidades, como por exemplo, o absentismo e encomendas não previstas e ainda reportar dados e informações.

2.3 Pensamento *Lean*

A elevada exigência face à qualidade dos produtos e a elevada competitividade do mercado levam a que as organizações pretendam aumentar a eficiência da organização e sejam capazes de corresponder às expectativas dos seus clientes. Para que as empresas consigam atingir os objetivos pretendidos devem adotar novas estratégias e aplicar ferramentas *lean*, de modo a serem rápidas a entregar os produtos, sem que os custos sejam aumentados, mas que a qualidade prevaleça (Nguyen & Do, 2016).

O conceito *lean* surgiu do *Toyota Production System* (TPS) (Rohani & Zahraee, 2015), sendo que o principal objetivo do TPS, segundo Ohno, passa pelo aumento da eficiência da produção, pela eliminação de desperdícios e pela redução de variabilidades nos processos (Ribeiro et al., 2019).

O TPS tem como pilares o *Just In Time* (JIT) e o *Jidoka*. O JIT é uma ferramenta que consiste em criar fluxo de produção, através da eliminação de desperdícios, definindo o “tempo certo”, a “quantidade certa e o “lugar certo”. Já o *Jidoka* é traduzido para “máquina com inteligência humana”, ou seja, quando ocorre um problema a máquina é instantaneamente parada, para que o problema seja resolvido, impedindo que o defeito permaneça na linha de produção (Liker & Meier, 2006).

Através do TPS alcança-se uma redução de custos, uma vez que são eliminados desperdícios e ao mesmo tempo maximizadas as capacidades dos colaboradores (A. Silva et al., 2020).

De modo a ser alcançada uma produção sem paragens, com o mínimo de desperdícios e com a maior eficiência possível, devem ser aplicados métodos e ferramentas *lean*, uma vez que as mesmas são fáceis de aplicar e ao mesmo tempo envolvem todos os colaboradores, o que desencadeia um comprometimento de todos, trazendo resultados mais fáceis de alcançar num menor intervalo de tempo (Oliveira et al., 2017).

O envolvimento dos colaboradores demonstra o quão fundamental é o fator humano para que seja possível a organização alcançar o sucesso. Para além disso para que uma organização consiga implementar as ferramentas *lean*, deve haver uma mudança cultural para que as empresas estejam devidamente preparadas (Ribeiro et al., 2019).

Com o pensamento *lean* é possível eliminar o desperdício (*muda* em japonês), uma vez que com o *lean* é possível fazer mais, com menos. O *lean* elimina atividades que não agregam valor, que acarretam custos desnecessários para a organização (Womack & Jones, 1996) .

Ohno afirmou que existiam 7 desperdícios, sendo eles:

- **Produção excessiva:** produzir mais do que o necessário, o que desencadeia custos desnecessários;
- **Tempos de esperas:** esperas da próxima etapa do processo, tempo de inatividade, falta de stock;
- **Transporte:** mover materiais de um lado para o outro, o que não agrega valor ao produto e acarreta custos desnecessários;
- **Processamento incorreto;**
- **Inventário:** Excesso de materiais que não são utilizados;
- **Movimentos desnecessários:** movimentos desnecessários tanto dos colaboradores como de máquinas ou materiais, que aumentem o tempo do processo produtivo e aumentam os desperdícios;
- **Defeitos.**

Segundo Liker & Meier (2006), ainda existe um outro desperdício, o Potencial humano não utilizado. Os primeiros sete desperdícios acontecem no dia a dia e os funcionários não são obrigados a pensar numa maneira de resolver esses mesmos problemas, o que acaba por ser um desperdício, uma vez que não exploram as suas capacidades, nem o seu potencial.

2.4 Ferramentas *Lean*

Estando o mercado cada vez mais competitivo, torna-se fundamental uma organização apresentar uma alta qualidade de produtos e o prazo de entrega ser sempre cumprido (Rosa et al., 2017). Através da implementação de ferramentas *lean* é permitida à organização diminuir o número de recursos utilizados e aumentar a eficiência, proporcionando um melhor desempenho no local de trabalho e implementando melhorias contínuas.

Nos próximos subcapítulos são apresentadas as ferramentas *lean* mais revelantes para o presente trabalho.

2.4.1 5S

Os 5S fazem parte das ferramentas *lean* e esta metodologia foi desenvolvida, no Japão, pelo *Hiroyuka Hirano* nos anos 80 e é o conceito base do *lean* (Costa et al., 2018).

Ao ser implementada esta ferramenta os materiais nos postos de trabalho são mais rapidamente identificados, pelo que se economiza tempo em algo que não agrega valor (I.M.Ribeiro, 2019).

Esta ferramenta é baseada em 5S, sendo eles, *Seri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Riad Bin Ashraf et al., 2017), tal como se pode observar na Tabela 1:

Tabela 1 – Descrição dos 5S

Termo	Descrição
Seiri (Sort)	Consiste em classificar se as ferramentas e equipamentos de trabalho são ou não necessários e remover os que não agregam valor (Filip & Marascu-Klein, 2015).
Seiton (Set in place)	Definição do local onde se guardam as ferramentas e equipamentos necessários, de modo que toda a gente saiba onde se encontram e onde os devem guardar, melhorando assim o fluxo de trabalho. (Scotchmer Andrew, 2008)
Seiso (shine)	Limpeza do local de trabalho para garantir um local limpo e higienizado, promovendo assim melhores condições de trabalho (Costa et al., 2018).
Seiketsu (sandardize)	A normalização garante que os três primeiros S são implementados corretamente, evitando possíveis erros. Com esta normalização, é promovida uma maior eficiência no local de trabalho (Scotchmer Andrew, 2008).
Shitsuke (discipline to sustain)	Consiste na aplicação continua dos quatro S, promovendo o compromisso com a melhoria contínua (Jiménez et al., 2015).

A implementação dos 5S é fundamental em todos os locais de trabalho, uma vez que promovem a melhoria contínua e são responsáveis por (Scotchmer Andrew, 2008):

- Melhoria da qualidade;
- Aumento da produtividade;

- Maior eficiência no local de trabalho;
- Menos defeitos;
- Custo operacional mais baixo do que antes;
- Melhor detecção de problemas e redução de stress.

Segundo Liker & Meier (2006) esta ferramenta é muitas vezes vista como uma ferramenta de limpeza, mas o seu principal objetivo é a eliminação de desperdícios, ao eliminar atividades que não agregam valor, ainda que a limpeza no posto de trabalho seja uma sequência da implementação dos 5S.

Womack & Jones (1996) afirmam que a implementação dos 5S deve ser sistemática e atenta, para que haja uma criação de valor e se ganhe o hábito de realizar automaticamente esta tarefa.

Uma característica bastante importante dos 5S é que os mesmos servem de base para a gestão visual, uma vez que estando os 5S aplicados, a gestão visual é mais rapidamente implementada e de uma forma mais fácil (Ortiz & Park, 2011) .

2.4.2 PDCA

O Ciclo PDCA é um método que pode ser aplicado a um sistema como um todo, ou a processos de uma organização (F. J. G. Silva & Ferreira, 2019), através de mudanças graduais, que procuram alcançar a melhoria contínua (Santos et al., 2018). Este método surge como um pensamento circular dividido em quatro quadrantes, sendo eles o *Plan*, *Do*, *Check*, *Act* (Matthews, 2011). Na Tabela 2 pode analisar-se o significado de cada uma destas palavras.

Tabela 2- Ciclo PDCA

Termo	Descrição
Plan	Análise da situação atual e registo de dados ao longo da análise, que permitem determinar as causas dos problemas e possíveis hipóteses de melhoria. Realização de um plano de ação com base nos dados registados e nos problemas a eliminar (A. S. Silva et al., 2017).
Do	Implementação do plano de ação, registando sempre os dados adquiridos, de acordo ao plano de ação. Neste ponto também se registam as lições aprendidas durante o processo (A. S. Silva et al., 2017).
Check	Análise dos dados registados anteriormente e verificação se as metas e objetivos definidos no plano de ação foram atingidos (A. S. Silva et al., 2017).
Act	Desenvolvimento de métodos standard, com base nas melhorias implementadas e lições aprendidas (A. S. Silva et al., 2017).

Uma forma de aplicar o conceito do Ciclo PDCA é a utilização do método A3, uma vez que são aplicadas as quatro divisões do Ciclo PDCA de uma forma bastante fácil de entender e de uma forma explícita, como se pode observar na Figura 3.

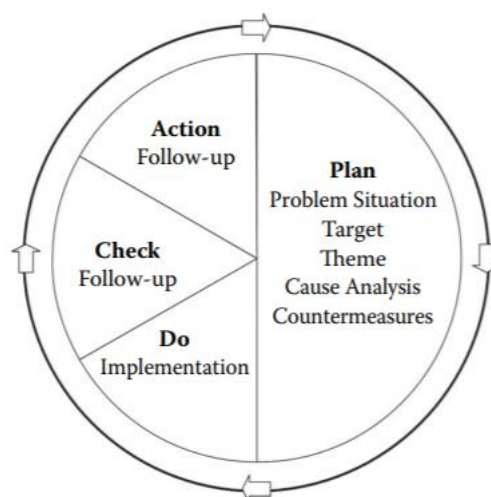


Figura 3- Ciclo PDCA modificado (Fonte: Matthews, 2011)

Com este método é explicado o projeto e quais as ações a implementar, assim como se faz acompanhar de um cronograma de etapas com as respetivas ações (Matthews, 2011).

2.4.3 A3

A ferramenta A3 é um método de resolução de problemas, que utiliza uma folha de papel de tamanho A3. Esta folha é um excelente método visual desenvolvido pela *Toyota Motor Corporation* (F. J. G. Silva & Ferreira, 2019), uma vez que por ser apenas uma folha de papel A3 consegue condensar grandes quantidades de informação e dados, num formato bastante fácil e rápido de entender (Matthews, 2011).

De modo a utilizar o método A3 e resolver um problema devem ser definidos parâmetros, tais como a situação do problema (antecedentes e situação atual), o alvo do problema, o tema, potenciais causas do problema, contra medidas, implementação de ações e o acompanhamento do projeto (Sousa et al., 2018).

Este tipo de abordagem de resolução de problemas faz com que haja um melhor trabalho de equipa, uma vez que esta folha contém a informação do que cada elemento deve fazer e quais as suas responsabilidades (F. J. G. Silva & Ferreira, 2019), fazendo com que sejam eliminados desperdícios e identificadas atividades que não agreguem valor. Neste documento devem também ser avaliados e analisados os indicadores de desempenho que o projeto influencia e realizar a quantificação de ganhos e benefícios das ações implementadas (F. J. G. Silva & Ferreira, 2019).

2.4.4 Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa que significa, melhorar ao longo do tempo (“*kai*”) e para melhor (“*zen*”), ou seja, desencadear uma melhoria contínua de modo a melhorar operações (Ascensão et al., 2017).

O *Kaizen* avalia os sistemas de produção e aumenta a eficiência organizacional, com base em melhorias rápidas, simples e eficazes (Antoniolli et al., 2017). Na implementação do *Kaizen*, as empresas promovem a participação dos colaboradores do chão de fábrica, uma vez que eles trabalham diariamente com os processos e podem identificar e resolver problemas existentes no posto de trabalho. Com esta participação os colaboradores sentem-se encorajados e o seu senso de responsabilidade aumenta, uma vez que se sentem envolvidos no processo de tomada de decisão e de melhoria (Mohd Ghazali Maarof, 2015).

2.4.5 Single Minute Exchange of Die (SMED)

A metodologia SMED foi desenvolvida por *Shingeo Shingo* e permite melhorar os processos produtivos através da redução dos tempos de *setup*, ou seja, diminuir as trocas de ferramentas ou produtos (Sousa et al., 2018). O tempo de *setup* é considerado um desperdício, uma vez que é uma atividade que não agrega valor e gera custos desnecessários (Bhade & Hegde, 2020).

De modo a efetuar uma correta implementação desta metodologia é importante estudar primeiramente a situação inicial para mais tarde distinguir as operações internas de *setup*, das externas, uma vez que as internas só podem ser realizadas aquando da paragem da máquina, enquanto as externas são realizadas quando a máquina está em funcionamento. De seguida deve-se tornar as operações internas em externas (Shingo, 1985). Em caso de não ser possível tornar as atividades internas em externas deve-se utilizar métodos normalizados para que o tempo das atividades internas seja reduzido (A. Silva et al., 2020).

Por fim, as operações externas também devem ser melhoradas, garantindo a melhoria contínua. As implementações anteriormente referidas são retratadas na Figura 4.

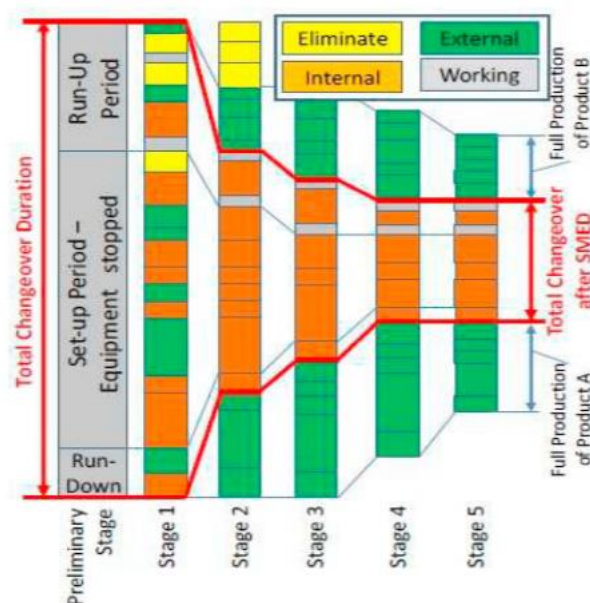


Figura 4-Evolução do tempo de setup durante a aplicação do SMED (Fonte: A. Silva et al., 2020)

Com a implementação do SMED efetuam-se melhorias bastante positivas, como:

- Melhor qualidade e maior disponibilidade dos equipamentos (Vieira et al., 2019);
- Prazo de entregas reduzido, menor stock e maior flexibilidade (Sousa et al., 2018);
- Maior produtividade (A. Silva et al., 2020).

2.4.6 Controlo Visual

O controlo visual consiste em tornar as informações importantes visíveis para todas as partes interessadas, num formato rápido e eficaz de entender, fazendo por isso aumentar a comunicação e a transparência no local de trabalho (Singh & Kumar, 2021).

Uma das grandes vantagens dos controlos visuais é a rápida capacidade de o cérebro humano processar informação visual, quando comparada com informação em forma de texto (Tjell & Bosch-Sijtsema, 2015), o que proporciona um melhor desempenho organizacional, uma vez que informações revelantes são transmitidas a todas as partes interessadas por estímulos visuais (Steenkamp et al., 2017).

O uso correto de informações visuais ajuda também a eliminar desperdícios, porque para além de serem eliminadas barreiras no fluxo de informação, a qualidade dos produtos aumenta e há um desempenho de entrega maior, tornando a empresa lucrativa e produtiva ao mesmo tempo (Ortiz & Park, 2011).

2.4.7 Kanban

O termo *kanban* tem o significado de “placa visível” ou “anotação visível”, mas é conhecido por “cartão”, que controla e gere o fluxo de informações e regula o fornecimento de materiais entre os respetivos processos (Jaipriya et al., 2021).

O *kanban* foi desenvolvido e criado pela *Toyota Motor Company* e é baseado em dois critérios, o *just in time* e a auto atuação e com o mesmo é possível controlar a sobreprodução, defeitos nas peças, deteção de problemas nos processos que facilitam melhorias contínuas dos mesmos e ainda controlar a relação cliente- fornecedor (F. J. G. Silva & Ferreira, 2019).

Segundo Liker & Meier (2006) o *kanban* é um mecanismo de controlo que fornece informações revelantes para a organização, sendo que se pode apresentar em forma de carro, cartão ou um espaço vazio.

Contrariamente ao sistema “*push*”, onde a produção é feita com base numa previsão, o *kanban* é baseado num sistema “*pull*”, onde o fluxo de materiais é mais sustentável e baseia-se na melhoria contínua (Weflen et al., 2022).

Podem ser utilizados diferentes tipos de *kanban*, o *kanban* de produção, o *kanban* de transporte e em casos gerais ainda se pode utilizar um terceiro *kanban*, o *kanban* de fornecedor.

Carreira (2004) afirma que os sistemas *kanban* estão em vigor, por uma só razão, e essa razão é que a empresa não consegue alcançar o equilíbrio do processo. Afirma ainda que o *kanban* não é uma ferramenta necessária, mas sim uma ferramenta baseada na necessidade.

2.4.8 *Standard Work*

O *standard work* foi desenvolvido por *Taiichi Ohno* e é considerada uma das ferramentas mais importantes do *lean*, uma vez que promove a produção de produtos de alta qualidade (Antoniolli et al., 2017), implementando a melhor maneira de fazer o trabalho, com o mínimo desperdício possível. Este desperdício é eliminado tendo em conta os três seguintes elementos:

- **Takt Time:** define o ritmo de produção para responder aos pedidos dos clientes (Womack & Jones, 1996)
- **Sequência:** é uma sequência de um conjunto de tarefas sequenciadas, que devem ser seguidas pelo operador. Esta sequência de trabalho é a sequência mais segura e a melhor maneira de efetuar o trabalho (Bragança & Costa, 2015);
- **Trabalho em processo (WIP):** quantidade mínima de stock que deve ser mantido, para que se garanta que a produção tem um fluxo contínuo (Fin et al., 2017).

A implementação do *standard work* leva algum tempo, uma vez que o processo deve ser estudado, para mais tarde ser implementado (Bragança & Costa, 2015) . De modo a

implementar corretamente esta ferramenta os operadores devem receber formação de como realizar o trabalho e devem ser realizadas auditorias regulares, para verificar se tudo é corretamente implementado (Liker & Meier, 2006).

Sem o *standard work* as tarefas iriam ser realizadas com base no improvisado, uma vez que não estava definida qual a melhor maneira de realizar o trabalho. Com a implementação do *standard work* as operações devem ser seguidas exatamente como foram definidas, uma vez que esta definição é a melhor maneira de fazer o trabalho até ao momento (Bragança & Costa, 2015).

Segundo Liker & Meier, (2006) a implementação do *standard work* vai trazer estabilidade aos processos, visto que os resultados vão ser consistentes ao longo do tempo.

2.5 Indicadores de desempenho (KPI)

Neste subcapítulo são abordados os indicadores de desempenho e a sua importância no contexto organizacional, como as suas finalidades e o que as organizações podem lucrar com a utilização destes indicadores.

2.5.1 Introdução

No contexto organizacional as organizações devem definir a sua visão, ou seja, a definição de como querem ser vistos no futuro. Para tal, devem ter bem definidas estratégias para conseguir alcançar os seus objetivos, sendo que com a estratégia implementada a empresa descreve como irá criar valor de modo a corresponder às expectativas dos seus clientes, acionistas e partes interessadas (Harmon, n.d.).

De modo a conseguir corresponder às expectativas do cliente, devem ser definidos objetivos, para que seja perceptível para todos o que se pretende alcançar e como é que esse mesmo objetivo vai ser alcançado. Posto isto, os processos da empresa devem ser seguidos para que se verifique o cumprimento das ações implementadas para alcançar o objetivo final. Para a análise das ações implementadas torna-se fundamental a utilização de indicadores de desempenho (KPI).

Os *key performance indicators* são muito importantes para a melhoria contínua, uma vez que atuam como métricas que apoiam o cumprimento de metas organizacionais, ou seja, comparam a situação atual com o objetivo estabelecido inicialmente e que a organização pretende alcançar num determinado período de tempo definido (Matthews, 2011).

Através da análise de indicadores a organização consegue entender se as tarefas estão a ocorrer da melhor forma possível, para se alcançar os objetivos pretendidos. Com os indicadores percebem-se também os problemas existentes na organização (del Mar Roldán-García et al., 2021).

Os KPI devem ser projetados de forma quantitativa, com variáveis, com intervalos numéricos e limites muito bem definidos, para que seja realizada uma análise dos mesmos ao longo do tempo e verificar se o objetivo está perto ou longe de se alcançar (Zhang et al., 2021) .

2.5.2 Seleção de Indicadores de Desempenho

A seleção dos indicadores de desempenho torna-se fundamental para as organizações uma vez é através deles que se consegue impulsionar a melhoria e corrigir possíveis erros nos processos.

Muitos autores defendem que os indicadores de desempenho devem ser SMART (Tabela 3), ou seja:

- **Specific** (específicos);
- **Measurable** (mensuráveis);
- **Attainable** (atingíveis);
- **Relevant** (relevantes);
- **Time-bound** (limitados no tempo).

Ao se verificar se os indicadores são SMART, evita-se que haja um gasto de recursos, ou seja, se os mesmos não atendem aos critérios, não se deve proceder à análise dos mesmos porque não vão contribuir com nenhum lucro para a organização.

Tabela 3- Critérios SMART para validação dos KPI (Fonte:(Selvik et al., 2021))

Critério	Descrição
Specific	Indicador deve ser preciso e indicar claramente o que expressa.
Measurable	Deve ser possível comparar e quantificar.
Attainable	Objetivo deve ser realista e possível de alcançar.
Relevant	O indicador deve conter informações essenciais e ao mesmo tempo ser importante para a organização.
Time-bound	O indicador deve conter um tempo/ período apropriado ao objetivo pretendido.

2.6 Lean Warehousing

Atualmente o mercado global é cada vez mais exigente, o que leva a que as empresas procurem utilizar ferramentas e métodos que os ajudem a estar à altura das expectativas dos clientes, uma vez que para os clientes a eficiência e a qualidade são elementos-chave (Pereira et al., 2019). Para isso as empresas procuram ter um atendimento de excelência sem aumentar os custos logísticos, o que pode ser feito recorrendo a um uso adequado de armazéns (Martins et al., 2020).

Os custos logísticos constituem uma parte importante dos custos totais de produção e para tal as operações realizadas pela organização devem ser eficientes (Freitas et al., 2019).

Uma das grandes dificuldades na redução dos custos logísticos, encontra-se nos tempos de espera elevados, desencadeados das atividades que não agregam valor nos armazéns, como por exemplo, a procura de produtos e materiais, o que quer dizer que a organização não tem um *standard work* bem definido, acabando por ter custos

desnecessários, que seriam eliminados caso fosse implementado o uso adequado de armazéns (Pereira et al., 2019).

Segundo dados estatísticos 39% dos custos logísticos, na Europa, estão relacionados com os armazéns e as atividades que nele são realizadas diariamente (Rebelo et al., 2021), o que comprova que os armazéns desempenham um papel crucial e que se deve realizar uma melhor gestão dos armazéns e uma melhor utilização dos mesmos.

De modo a realizar uma melhor gestão dos armazéns, podem ser aplicadas ferramentas *lean* reduzindo as atividades que não agregam valor e ao mesmo tempo maximizando o uso de recursos que se encontram nos armazéns (Martins et al., 2020).

A aplicação do *lean warehousing* aumenta a eficiência das tarefas realizadas em armazém, como por exemplo o *picking* de materiais, proporciona um melhor controlo de stocks, elimina desperdícios e melhora a performance do funcionamento dos armazéns, levando a que não se percam tempos desnecessários (Pereira et al., 2019).

Algumas das ferramentas *lean* aplicadas que desencadeiam estas melhorias nos armazéns são os 5S, *kanban*, *Value Stream Mapping* (VSM) e a gestão visual e é certo afirmar que o *lean* aplicado a armazéns, oferece operações de armazenamento que se tornam numa vantagem competitiva (Martins et al., 2020).

A implementação destas ferramentas faz com que os operadores consigam estar concentrados na produção, uma vez que como ocorre um melhor controlo de stock, uma melhor localização dos materiais, devido a existir um método *standard* e existir uma melhor gestão visual dos materiais. Com estas melhorias os operadores não são interrompidos com problemas de gestão deficiente de armazéns, conseguindo fazer o seu trabalho de uma forma mais produtiva (Mourato et al., 2020).

2.6.1 *Layout*

Uma das decisões mais importantes para se realizar um correto armazenamento é a existência de um *layout* apropriado a esse armazém, uma vez que é a partir do *layout* que se faz a descrição do espaço físico e faz-se também leitura correta do local, prevenindo perdas de tempo desnecessárias (Freitas et al., 2019).

Segundo Ortiz & Park (2011) a implementação de um *layout* apropriado proporciona um trabalho mais produtivo, uma vez que ocorre uma maior comunicação, eliminando tempos de espera desnecessários e proporcionando um maior fluxo de trabalho e de informação.

Existem diversos tipos de *layout*, como o layout de posição fixa, layout por produtos e *layout* por processos. O *layout* afeta drasticamente o desempenho da produção, sendo que ao ser corretamente projetado, pode reduzir atividades dentro do armazém que não agregam valor e facilitar o manuseamento no transporte de materiais. Para a realização do *layout* devem se ter em conta os seguintes aspetos (Nguyen & Do, 2016):

- Localizar produtos de alta rotação de modo a diminuir as distâncias percorridas;
- Aproveitamento correto da área;
- Espaços de passagem para utilização de equipamento e de armazenagem especializado;
- Boa gestão visual.

2.6.2 Métodos de Armazenagem

Existem alguns métodos para o armazenamento de matérias-primas e produtos, mas geralmente os mais utilizados, são o FIFO (*first in first out*) e o LIFO (*last in first out*) (Alamri & Syntetos, 2018).

- **FIFO**- este método faz com que o primeiro material que foi adquirido seja o primeiro a ser utilizado, ou seja, garante que não irá haver material obsoleto, uma vez que se está a utilizar os materiais pela sua ordem de chegada. Normalmente este método é utilizado para produtos com data de validade em que o seu tempo de vida útil não deve ser ultrapassado.
- **LIFO**- este método significa que o último a chegar é o primeiro a ser utilizado. Este método é utilizado para produtos de grande rotação (Ortiz & Park, 2011).

Estes dois métodos facilitam a gestão de stocks, garantindo uma logística adequada de armazenamento.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Análise dos Processos Gerais da Empresa
- 3.2 Análise e Melhoria do Planeamento e Controlo do Corte de Materiais
- 3.3 Problemas Encontrados e Propostas de Melhoria
- 3.4 Redução de Tempos de Mão de Obra Direta (MOD)

3 DESENVOLVIMENTO

O presente capítulo apresenta a descrição dos processos gerais da empresa, assim como a descrição detalhada do processo de corte e armazenamento dos materiais. Neste capítulo é também feita uma descrição dos problemas encontrados ao longo da análise dos processos, sendo apresentadas soluções e propostas de melhoria.

3.1 Análise dos Processos Gerais da Empresa

A empresa possui duas secções, sendo uma delas a zona dos metálicos, onde são fabricadas peças maquinadas em alumínio e titânio para alguns dos principais programas do setor aeronáutico e onde são realizados ensaios não destrutivos e ainda onde é ainda utilizada uma CNC.

A segunda secção é a zona dos compósitos constituída por uma arca frigorífica com 80 m², uma sala de corte automático de telas, uma sala limpa, denominada *layup*, dois autoclaves, uma zona de desmoldagem e ainda duas zonas de inspeção, uma manual e outra automática, como podemos verificar no *layout* da Figura 5.

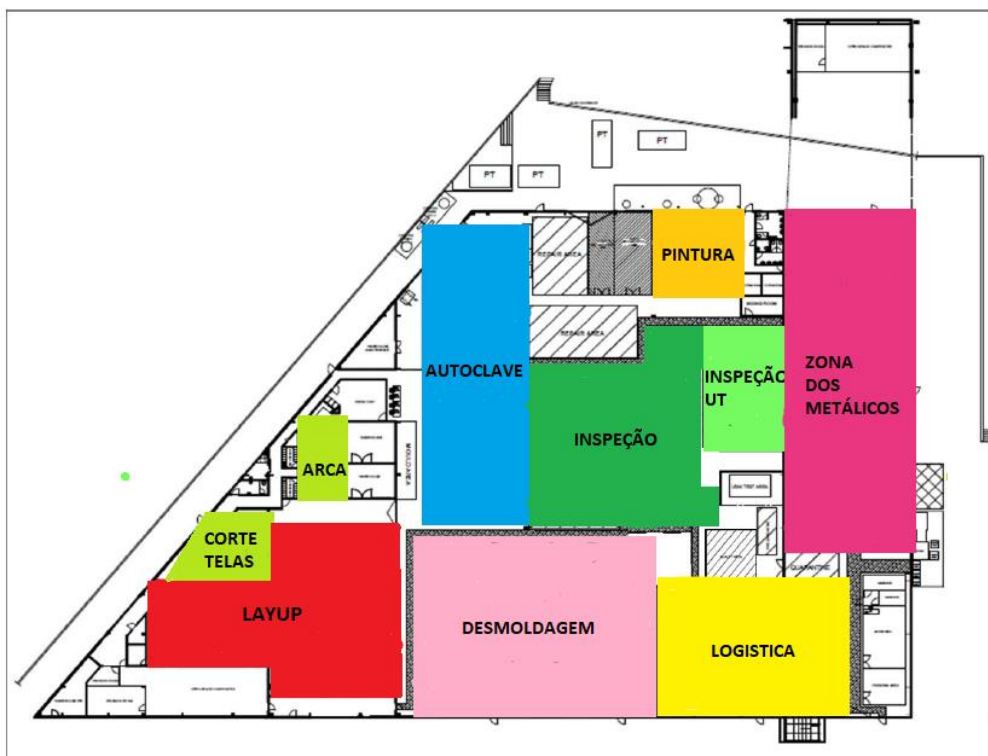


Figura 5- Layout da empresa de setor aeronáutico

Na zona dos compósitos são fabricadas peças através da utilização de materiais pré-impregnados de fibra de carbono, adesivos e tecidos descartáveis. Estes materiais são armazenados numa arca frigorífica, para mais tarde serem cortados tendo em conta os programas e *nestings* existentes.

Os *nestings* são disposições de padrões de telas posicionados numa determinada área do rolo de forma a se minimizar perdas de matéria-prima, como se pode observar na Figura 6. A máquina de corte ao cortar um *part number* irá cortar a totalidade de telas que o mesmo contém, e essas mesmas telas correspondem a um kit.

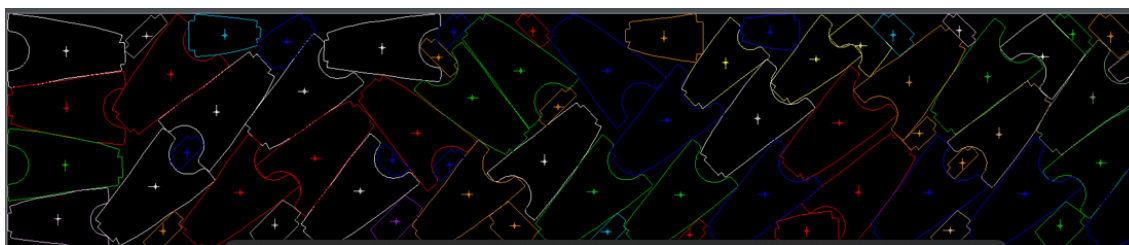


Figura 6- Nesting

Realizado o processo do corte, os materiais necessitam de ser moldados manualmente no *layup*. Aqui são produzidas peças sandwich, ou seja, peças com núcleo e peças monolíticas, peças sem núcleo, através da colocação de telas sobrepostas umas às outras num molde. Esta sobreposição pode ter auxílio de um laser que proporciona a correta colocação das telas. Depois da sobreposição das telas é fechado um saco sobre a peça, onde a mesma é colocada em vácuo, através da utilização de termopares e mangueiras, tal como se pode ver na Figura 7.



Figura 7- Molde com peça fechada em saco de vácuo

De seguida as peças são transportadas para o autoclave para serem realizados ciclos de cura dessas mesmas peças. Existem dois autoclaves disponíveis, que analisam a pressão, a temperatura e o vácuo de cada peça.

Os moldes das peças são colocados em carros, para serem posicionados dentro de um dos autoclaves, mas antes dessa entrada é necessário conectar os termopares e as mangueiras das placas dos moldes às extensões dos carros. Já dentro do autoclave os termopares e as mangueiras são conectadas às máquinas e é realizado um croqui, que consiste num documento de identificação de placas que entram no autoclave, assim como os respetivos termopares. É realizado um teste de vácuo e de seguida dá-se o início ao ciclo.

O ciclo é analisado e controlado pelos colaboradores de modo que se controle a temperatura, a pressão e o vácuo em todas as peças, como se pode ver na Figura 8. No fim o autoclave é arrefecido e é repostado o ar no seu interior para que as peças possam ser retiradas pelos colaboradores e possam ser transportadas para a zona do desmolde, onde serão desmoldadas consoante as devidas fichas técnicas.

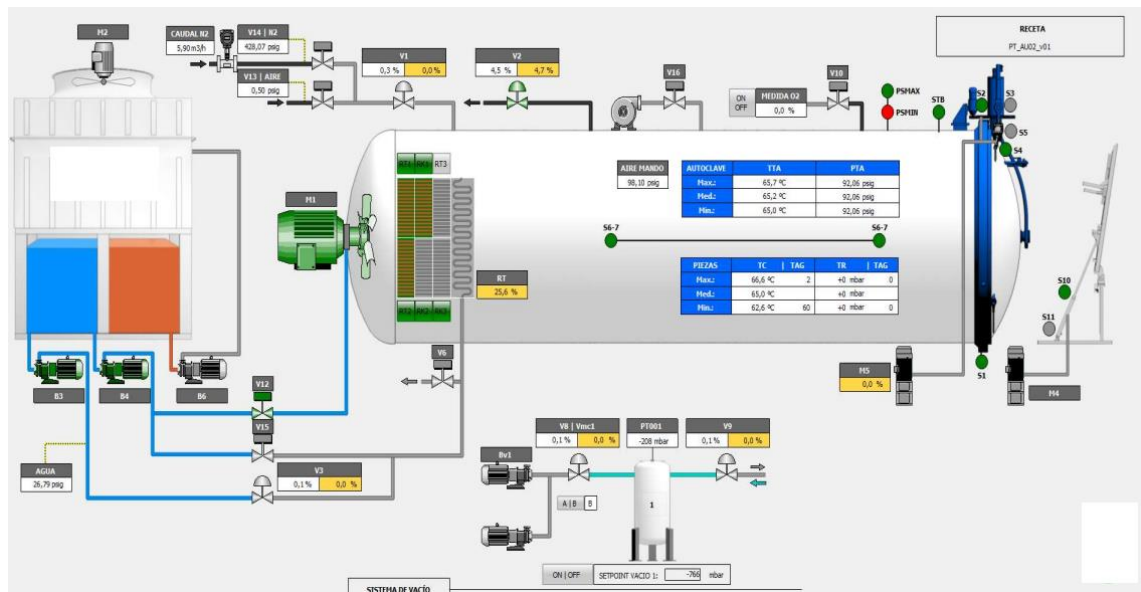


Figura 8- Parâmetros gerais do autoclave

O percurso realizado até ao momento presente é denominado, “percurso base” que é o percurso que todos os programas são obrigados a fazer, tendo início na arca frigorífica, passando pelo corte, seguindo para *layup* e depois seguem para o autoclave e, por fim, as peças vão para a desmoldagem serem desmoldadas. O percurso base pode ser observado na Figura 9 a castanho.

A partir da desmoldagem existem dois percursos que se podem efetuar, o percurso externo, onde as peças vão para subcontratação e o percurso interno, onde as peças não vão para subcontratação e é tudo realizado internamente.

O percurso externo que corresponde ao percurso azul, na Figura 9. Neste percurso, as peças partem do desmolde para irem para subcontratação serem cortadas, quando regressam à fábrica seguem para inspeção para serem inspecionadas visualmente e a nível dimensional. Ao estar tudo em conformidade as peças seguem para a pintura, para no fim irem para a inspeção de ultrassons e inspeção final.

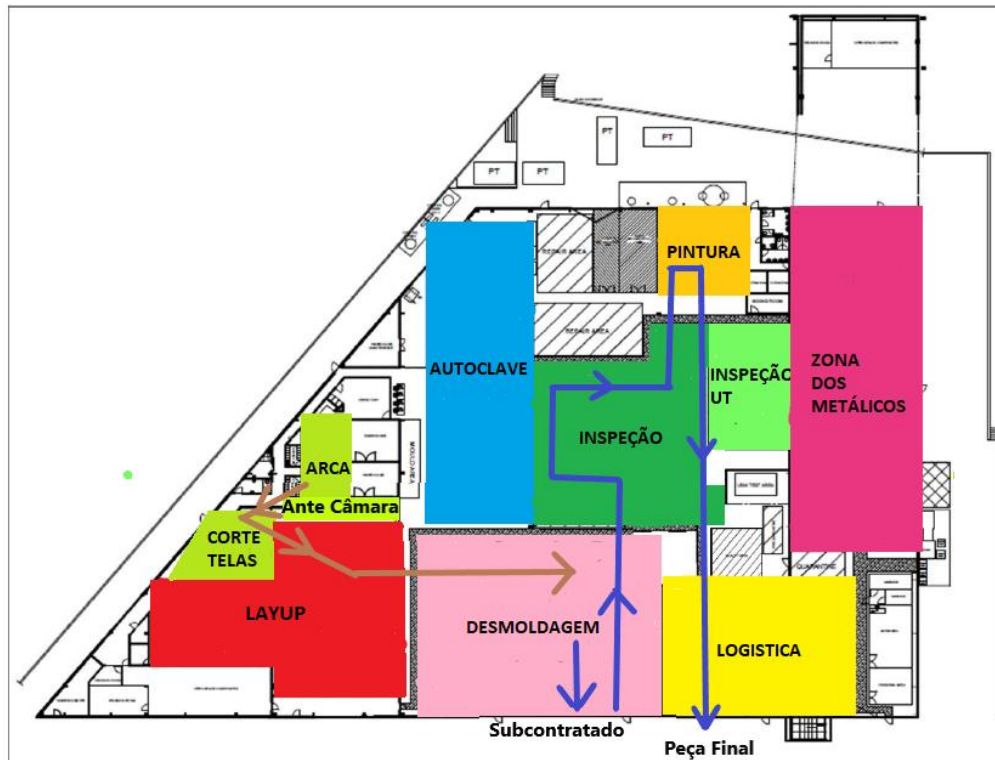


Figura 9- Percurso base (percurso castanho) e percurso de peças que vão a subcontratado (percurso azul)

No percurso das peças que são feitas internamente, que corresponde ao percurso a roxo, as peças saem da desmoldagem para serem cortadas internamente na zona dos metálicos, depois são pintadas e passam para a inspeção final, obtendo-se no fim a peça final, como se pode ver na Figura 10.



Figura 10- Percurso base (percurso castanho) e percurso interno (percurso roxo)

3.1.1 Programas Existentes

Nesta empresa do setor aeronáutico existem quatro programas de produtos que são fabricados, sendo eles os programas A, B, C e D. Dentro destes programas existem divisões com uma quantidade de produtos, tal como se pode verificar na Tabela 4. Cada um destes produtos tem um *part number* atribuído.

Tabela 4- Programas existentes e respetivas divisões

Programas para aviões existentes	Divisões de Programas	Produtos	Sandwich/ Monolíticas
Programa A	A33	61	Sandwich
	A466	48	Sandwich
Programa B	A1	22	Monolíticas
	B1	11	Monolíticas
	B2	44	Monolíticas
	B3	18	Monolíticas
Programa C	B4	12	Monolíticas
		12	Sandwich
Programa D		5	Sandwich

Tendo em conta todos os programas existentes e as suas divisões, existem programas mais produzidos do que outros. No programa A, os produtos A33 são os mais produzidos e possuem grandes dimensões e quantidades de telas por kit elevadas. Estes produtos são planeados produzir todas as semanas e os *part numbers* são cortados individualmente, não havendo *nestings standards* que promovam a poupança de material.

No programa B os produtos mais produzidos são os produtos B2 e B3, sendo que são planeados produzir quase todos os dias durante o ano. Estes produtos são cortados através de um *nesting standard* de dois aviões do produto B2 e um avião do produto B3, sendo que este *nesting standard* é cortado todos os dias da semana.

Os programas C e D são programas recentes, sendo que no programa C existem apenas 12 produtos e no programa D existem apenas 5 produtos e são planeados produzir de uma a duas vezes por semana. Estes programas por serem recentes não contêm *nestings standard* e os seus *part numbers* são cortados individualmente.

Cada um dos produtos referidos contêm por kit diferentes materiais, como adesivos, malha, carbono, *peel ply* ou vidro, sendo que ao serem produzidos devem ser cortados

e moldados manualmente os diferentes materiais, consoante o programa e o respetivo método que consta na ficha técnica do programa.

Na Tabela 5 estão representados todos os materiais existentes e possíveis de cortar na empresa.

Tabela 5- Lista de materiais existentes

Código do Material	Material Correspondente	Sigla Correspondente
FW6906354	Carbono 30	C30
FW3607768	Carbono 1	C1
FW4907084	Malha 1	M1
FW2773692	Malha 2	M2
FW7034745	<i>Peel Ply</i>	<i>PP</i>
FW6307427	Carbono 2	C2
FW7593762	Adesivo 1	A1
FW1070152	Adesivo 2	A2
FW568788	Vidro 1	V1
FW6403650	Vidro 2	V2
FW5148092	Carbono 40	C40
FW9782643	Carbono 60	C60

De modo a cortar os materiais anteriormente referidos torna-se fundamental cortar os materiais seguidos por produto, por exemplo, cortar o adesivo 1 de todos os produtos seguido e nunca intercalado com outro material, de modo a reduzir trocas de rolo desnecessárias.

Todos os programas existentes são produzidos consoante o que é pedido pelo cliente e com base em previsões de pedidos, sendo que os programas a cortar são planeados

produzir semanalmente para que a produção corresponda a todos os pedidos e não comprometa a qualidade dos produtos.

3.2 Identificação de Problemas

Neste subcapítulo é apresentada a descrição inicial do processo em estudo, tal como a sua análise. Ao longo deste subcapítulo é realizada a identificação de problemas, assim como soluções para os problemas encontrados e propostas de melhoria.

3.2.1 Planeamento entre Corte de Telas e *Layup*

O planeamento de peças a serem produzidas é fundamental para que a produção se realize da melhor forma possível, uma vez que a partir do planeamento é possível minimizar custos, desperdícios e minimizar as mudanças constantes na produção. Este planeamento deve ser feito com base em previsões e na procura do cliente, pelo que deve ser realizado corretamente para que não ocorram falhas em entregas e a qualidade do produto não seja comprometida.

No caso do corte de telas torna-se crucial a existência de um planeamento a curto prazo para que se possam reduzir os desperdícios através de *nestings* e reduzir trocas de rolo.

Todas as terças-feiras é lançado um planeamento entre o corte de telas e o *layup*, com definição de prazos, desde o início de moldação manual e o fim da mesma. Este planeamento é gerido e utilizado pelos chefes de ambas as salas e pelo chefe do planeamento, sendo que muitas vezes pode ser alvo de alterações, ocorrendo atrasos ou alterações no planeamento de corte e do *layup*.

O planeamento contém todos os produtos a serem produzidos nessa mesma semana, assim como a que programa pertencem e as respetivas quantidades. Sempre que o corte de telas corta um dos produtos, deve deixar nesse planeamento a informação de que já efetuou o corte, assim como se a peça já foi moldada em *layup*. Em caso de impossibilidade de realizar a peça, o responsável de sala deve indicar também essa informação. Muitas vezes as atualizações ao planeamento não são visualizadas pelos chefes das salas desencadeando atrasos, originando um mau planeamento e uma má gestão de recursos.

No planeamento referido, também constam os *part numbers* bloqueados pela engenharia, ou seja, *part numbers* que não podem ser cortados, porque o *nesting* apresenta algum defeito ou porque na realização do mesmo são encontrados defeitos constantes e, por esses mesmos motivos, os mesmos não devem ser produzidos até ser dada a ordem de permissão. Muitas vezes esses *part numbers* ficavam desbloqueados a meio da semana provocando alterações no planeamento e originando *setups* desnecessários. Um exemplo acontecia nos adesivos e malha, que são cortados todas as

sextas-feiras para todos os *part numbers* da semana seguinte. Se o *part number* bloqueado fosse desbloqueado na segunda-feira da semana seguinte, o planeamento teria de ser alterado, de modo a voltar a cortar os rolos de adesivo e malha.

O planeamento entre o corte de telas e o *layup* é realizado com base nas previsões e pedidos do cliente, tendo em conta os moldes existentes e disponíveis na empresa, assim como os materiais, rolos de materiais e núcleos. Um dos problemas encontrados neste caso é que por vezes há falta de núcleos, ou indisponibilidade do molde, desencadeando de novo alterações ao planeamento.

A nível do planeamento surge um outro problema importante que se situa na ausência de um planeamento *standard* em certos programas, uma vez que a cadência de certos produtos de um programa é igual. Nestes casos o planeamento poderia ser *standard* o que não se verifica, desencadeando variações constantes no planeamento do corte e impedindo a realização de *nestings standard* que poderiam acarretar um lucro significativo para a empresa.

3.2.2 Planeamento do Corte de Telas

Com base na existência do planeamento entre o corte de telas e o *layup*, o chefe de sala do corte de telas realiza o seu planeamento, sendo que inicialmente esse planeamento era realizado de um dia para o outro, o que desencadeava muitas trocas de rolo, como se pode ver na Figura 11 onde ocorreram 39 trocas de rolo.

Na Figura 11 pode-se observar que alguns materiais são cortados mais do que uma vez no dia, como por exemplo no dia 14/10/2021, onde o carbono 2 foi cortado três vezes, em alturas diferentes do dia, o mesmo aconteceu com o carbono 1 no dia 15/10/2021. O objetivo de realizar um planeamento passa também por reduzir estas trocas de rolo desnecessárias, pelo que realizar um planeamento diário, não é o ideal para que se cumpra esse mesmo objetivo.

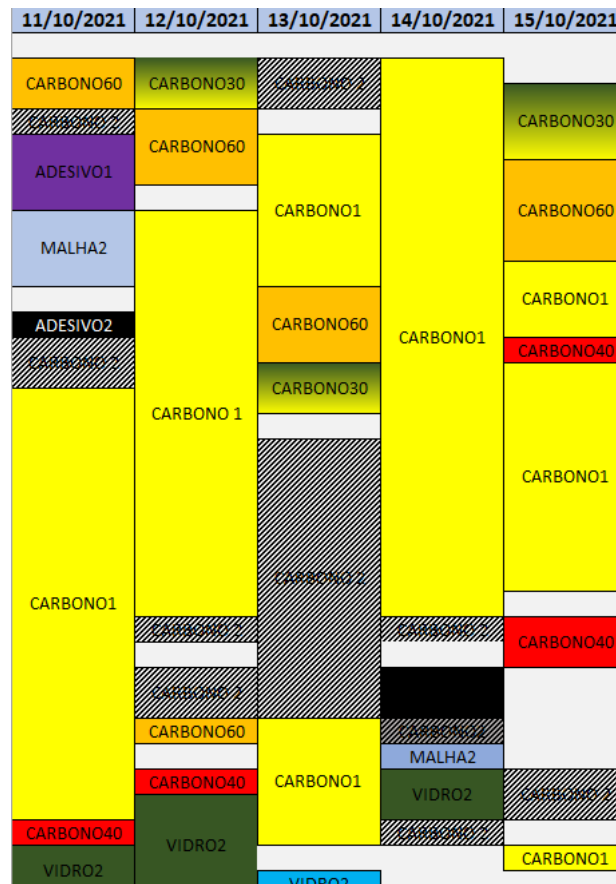


Figura 11- Planejamento diário do corte originando 29 trocas de rolo

Um dos problemas existentes que também desencadeava trocas de rolo desnecessárias era a ausência de uma definição de uma quantidade mínima de corte, que deixava margem para que se cortassem poucas telas e não se aproveitasse o rolo existente da melhor forma possível. Se existisse uma quantidade mínima de corte, em situações como o já referido anteriormente sobre o carbono 2 ter sido cortado mais do que uma vez no mesmo dia, nunca poderia ocorrer, uma vez que o operador era obrigado a cortar todos esses *part numbers*, desse material seguidos para não haver desperdício de material e não ocorrerem tantas trocas de rolo.

Ao ser realizado um planejamento diário em vez de um planejamento semanal de corte e com isto a junção da ausência de uma definição de quantidades mínima de corte desencadeava a que não se olhasse para o planejamento entre *layup* e corte a longo prazo. Ao não se olhar para o planejamento a longo prazo, não se realizavam *nestings* que proporcionassem o melhor aproveitamento do rolo, fazendo com que se desperdiçasse tempo, material e dinheiro.

A realização de um planeamento semanal e a definição de quantidades mínimas a cortar tornam-se fundamentais para que se proporcione uma sequência de corte correta e sem margem para desperdícios, uma vez que diminuem trocas de rolos desnecessárias e ao mesmo tempo se diminui desperdícios de materiais.

3.2.3 Armazenamento dos Materiais

De modo a realizar uma análise correta do processo de planeamento e controlo do corte de materiais, foi analisado todo o processo de corte, desde a forma de armazenamento de materiais, até ao abastecimento da máquina de corte.

Os materiais armazenados são materiais pré-impregnados de fibra de carbono, adesivos e tecidos descartáveis. Os rolos de materiais antes de serem utilizados devem ser previamente qualificados, devendo cumprir todos os requisitos de qualidade correspondentes.

O armazenamento destes materiais é feito numa arca frigorífica a uma temperatura igual ou inferior a -18°C , dentro de bolsas de polietileno seladas, sendo que os rolos destes materiais, para além de estarem dentro destas bolsas, estão ainda dentro de caixas, contendo na identificação o comprimento e a largura do rolo, o número do lote do material e ainda o material que consta dentro da caixa, tal como se verifica na Figura 12.



Figura 12- Etiqueta com indicações sobre o rolo em questão

Em situações de degelo, carga e descarga na arca frigorífica, a temperatura máxima a que a arca frigorífica deve chegar é de -12°C , por um período de 15 minutos, dando um total de 60 minutos em 24 horas. Ao ser excedido esse tempo e a temperatura máxima,

as horas de exposição do pré-impregnado devem ser cobradas, relativamente ao seu tempo de vida.

Os materiais devem ser utilizados tendo em conta o seu tempo de vida útil, ou seja, tendo em conta o tempo de armazenamento e a vida total à temperatura ambiente. Para tal deve-se realizar um controlo da data e hora da transição dos materiais, dentro e fora da arca frigorífica. A entrada e saída de rolos e kits da arca frigorífica é registada no SAP, e com isto promove-se um maior controlo do tempo de vida dos materiais.

Sempre que é dada a entrada de um rolo ou kit na arca frigorífica, deve-se colocar esses materiais no seu respetivo sítio, para que a arca frigorífica fique armazenada como na Figura 13 e não com kits e rolos misturados.



Figura 13- Armazenamento dos materiais na Câmara Frigorífica

De modo a cortar os materiais pretendidos, o rolo deve ser retirado da arca frigorífica respeitando sempre o princípio FIFO, ou seja, retirando sempre o rolo mais antigo e deixando o mais recente na arca frigorífica, garantindo um maior controlo das caducidades dos materiais. Sempre que se vai retirar um rolo da arca frigorífica é analisado através de uma folha de *excel* qual o rolo mais antigo presente na arca frigorífica e é este que deve ser retirado. Com isto evitam-se erros e evitam-se também perdas de rolo por caducidades.

O rolo retirado só pode ser utilizado quando não existir condensação dentro da bolsa de polietileno, sendo que há casos, como por exemplo o programa C, em que para além da bolsa não poder apresentar condensação, o rolo tem de estar no mínimo 10 horas fora da arca frigorífica.

Para além das condições anteriormente mencionadas, antes de se cortar material realizam-se ensaios ao rolo, para garantir que o material está conforme. Só depois de se garantir que o material está conforme, ou seja, está de acordo com as fichas técnicas e não se encontram problemas no rolo, é que se pode cortar efetivamente o material.

Quando o material é retirado da arca frigorífica é necessário conhecer o local efetivo de cada material no interior da arca frigorífica, uma vez que como no seu interior as temperaturas são inferiores a -18°C , o colaborador deve expor-se ao mínimo tempo possível no seu interior. Um dos grandes problemas do armazenamento de materiais consta na incorreta disposição dos materiais face ao *layout* existente, como se pode observar na Figura 14. O *layout* nunca é cumprido rigorosamente e apresenta falhas, como a má definição de quantidade de lotes face ao que é consumido e a má disposição de materiais no seu interior, como por exemplo a colocação de materiais de baixa rotatividade mais perto da porta da arca frigorífica, o que faz com que os colaboradores tenham de ir ao fundo da arca frigorífica buscar materiais de alta rotatividade expondo-os durante mais tempo e mais vezes a temperaturas negativas.

Para além do que já foi referido, as paletes do carbono 60 enviadas pelo fornecedor são ligeiramente mais largas e mais compridas do que as restantes e por esse mesmo motivo era impossível colocar três paletes lado a lado numa estante, e como pode ser verificado no *layout* da Figura 14, existem estantes com três paletes de carbono 60 lado a lado, ou seja, para além de não ser possível fisicamente colocar lá o material, ainda induz em erro o operador que irá tentar colocar lá três paletes. O *layout* da Figura 14 pode pôr em risco a segurança dos operadores devido a levar os operadores a esforçar a colocação da terceira paleta no local estabelecido pelo *layout*.

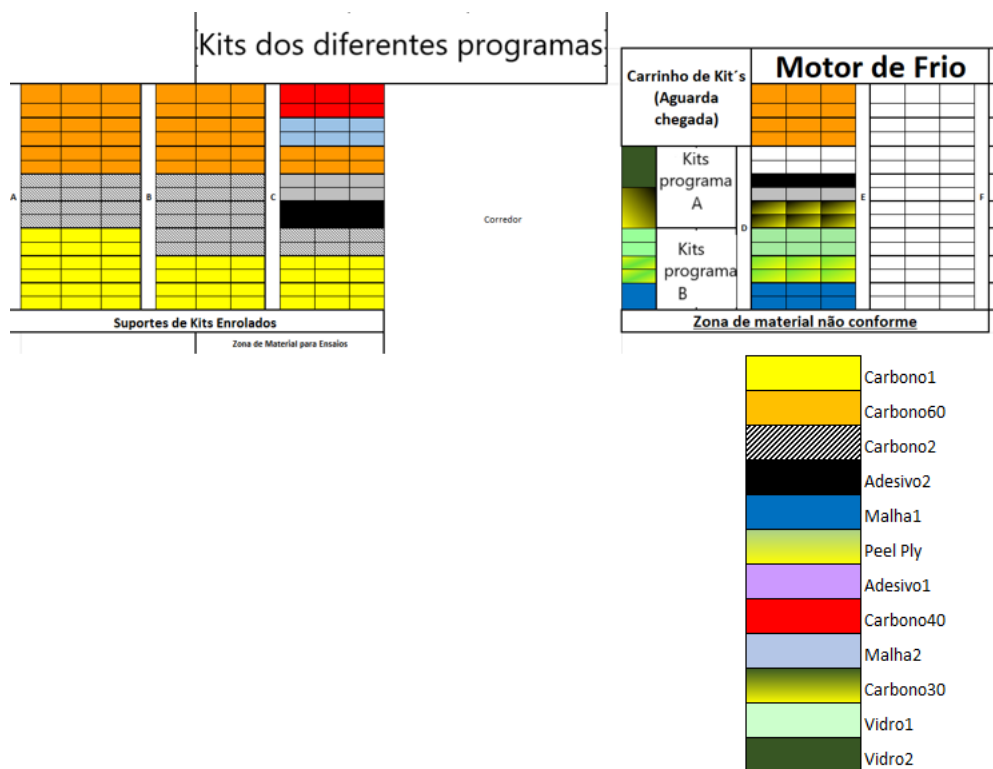


Figura 14- Layout da arca frigorífica desadequado

Adicionalmente, no *layout* existem kits dos programas A e B. Estes kits, estando posicionados no local que estão, impediam a colocação de mais do que uma caixa sobreposta na zona inferior da estante mais perto da porta, fazendo com que se perdesse espaço útil da arca frigorífica. Adicionalmente os kits estavam desorganizados e ainda existia a possibilidade de ocorrer esquecimento dos kits, devido à má gestão visual, como pode ser verificado na Figura 15.

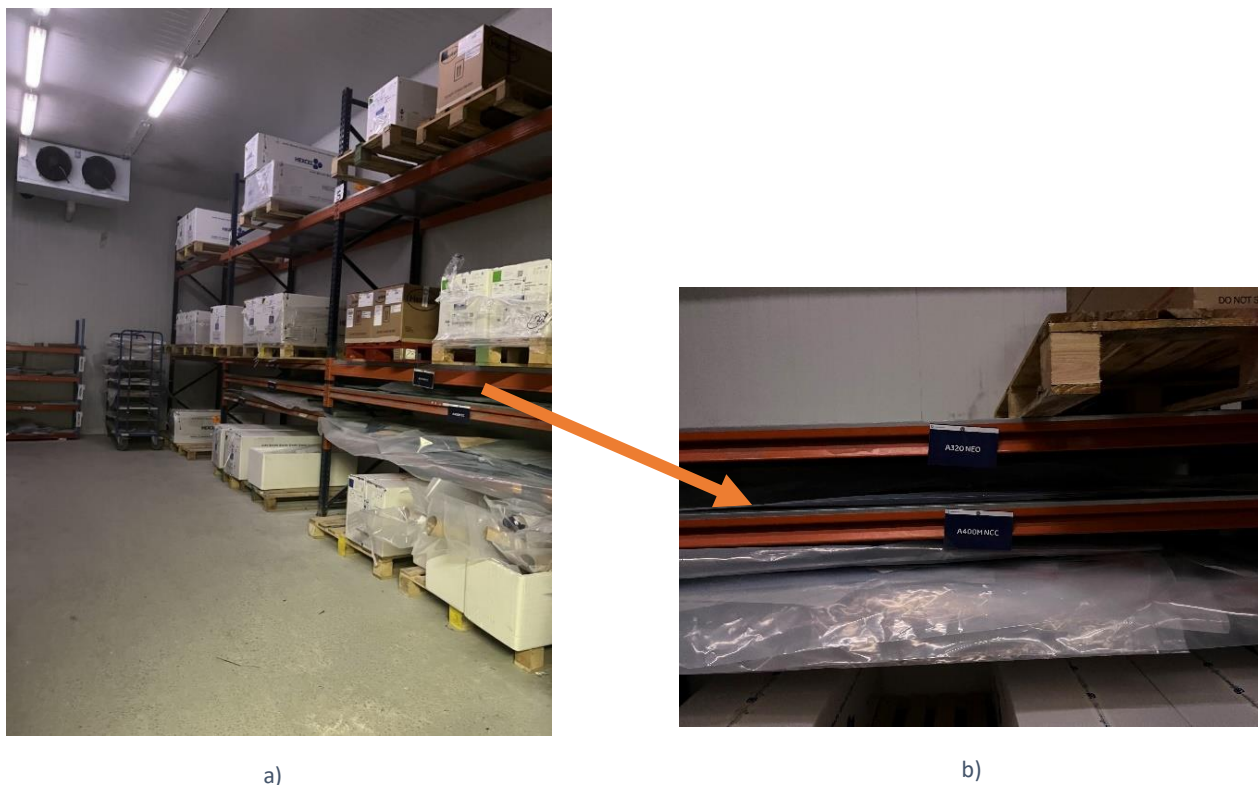


Figura 15- (a) Kits A e B impedindo posicionamento de mais do que uma caixa nas estantes inferiores e (b) Possibilidade de esquecimento de kits A e B

O outro problema existente estava relacionado com as estantes da Figura 15- a), uma vez que se encontravam encostadas à parede, não permitindo que existisse espaço para colocação das paletes dos materiais da melhor forma, na parte encostada à parede, fazendo com que a paleta ficasse ligeiramente para fora da estante, o que poderia comprometer a segurança dos colaboradores e para além disso dificultar o manuseamento dos porta-paletes. Adicionalmente a existência de tabuleiros, como pode ser visualizado na Figura 15-b), impediam a visualização de se a paleta estava corretamente colocada na estante, pelo que se torna importante retirar os tabuleiros para que ocorra um correto manuseamento e colocação da paleta.

3.2.4 Aprovisionamento de Materiais Caducáveis à Máquina de Corte

A empresa trabalha a dois turnos e em ambos os turnos é necessário retirar materiais da arca frigorífica. Estes materiais após serem retirados da arca frigorífica são transportados para a antecâmara que é espaço onde os kits e os rolos ficam a descongelar até não apresentarem condensação no seu interior. Estes materiais não têm um horário fixo para serem retirados, o que se torna um problema uma vez que os colaboradores do corte muitas vezes necessitam de parar o seu trabalho para retirarem

kits da arca frigorífica. Isto não aconteceria se houvesse um horário definido, assim não ocorreriam paragens não planeadas ao longo do trabalho para o *picking* de kits que não estavam planeados retirar nesse mesmo dia.

A antecâmara é composta por uma estante, que permite que sejam colocadas paletes de rolos na parte inferior da mesma, kits na parte superior e ainda caixas vazias de rolos em utilização na parte superior, como pode ser visto na Figura 16.

A principal desvantagem desta estrutura é promover a fixação dos produtos e não o seu fluxo, devido a ser uma estrutura fixa e não móvel.



Figura 16- Antecâmara

Para além do que foi referido anteriormente existe ainda um outro problema significativo: a ausência de apoio aos colaboradores face ao transporte de caixas e rolos, uma vez que os colaboradores necessitavam de pegar nas caixas em mão e transportá-las desde a antecâmara até à sala de corte, tratando-se de uma ação realizada diariamente e bastante vezes ao dia, podendo originar um acidente de trabalho devido ao peso de cada caixa.

3.2.5 Máquina de Corte e Respetivos *Nestings*

O corte de telas efetua-se através de uma máquina *Lectra*, que apresenta um suporte para colocar o rolo pretendido a cortar, e vai puxando este mesmo rolo, sem que se formem rugosidades ou imperfeições através de uma pressão de aspiração existente no tapete por onde o rolo passa, tal como se pode ver na Figura 17.



Figura 17- Máquina de corte *Lectra*

Esta máquina permite que os utilizadores controlem melhor os custos, minimizem os desperdícios e reduzam ainda os ciclos de produção, uma vez que a máquina oferece uma maior velocidade de corte e devido às suas características permite também que o produto obtenha uma melhor qualidade com o menor custo de corte.

Antes de se iniciar o corte é necessário colocar na máquina a lâmina de corte, como é visível na Figura 18, sendo que no início de cada corte o sistema *lectra* procede à verificação da lâmina, ou seja, se a lâmina é a correta a utilizar. Se uma das lâminas partir enquanto o corte está a ocorrer, os sensores de rotura da lâmina irão interromper o corte automaticamente, para que o operador possa substituir a lâmina e o corte possa também continuar.

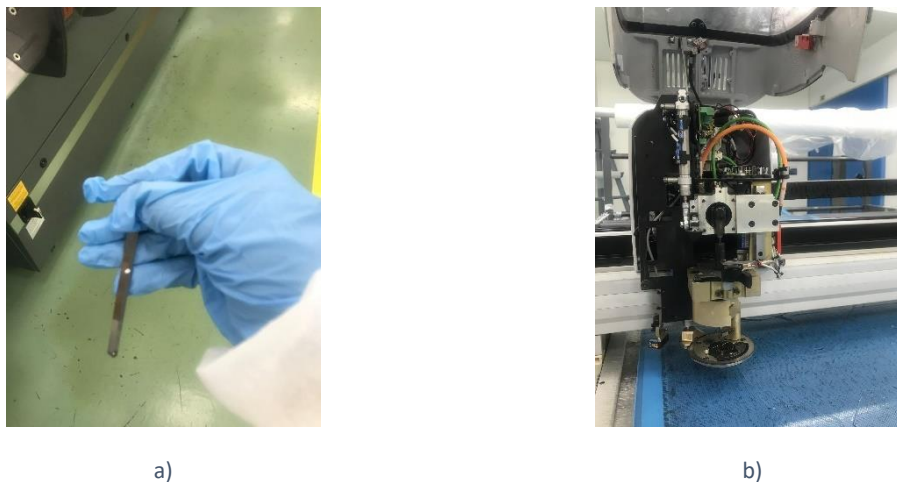


Figura 18- (a) Lâmina de corte e (b) Máquina de corte

No mesmo sítio onde a lâmina é colocada, também se encontra um local onde é gerado um código que mais tarde é carimbado na tela cortada, como se vê na Figura 20. Este código identifica o número da tela em causa, o seu *part number* e em que dia a mesma foi cortada, tal como se pode ver na Figura 19.

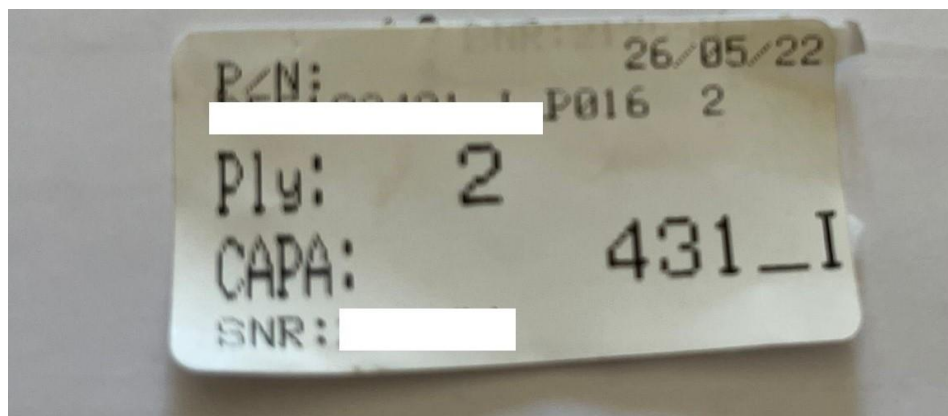


Figura 19-Identificação de telas

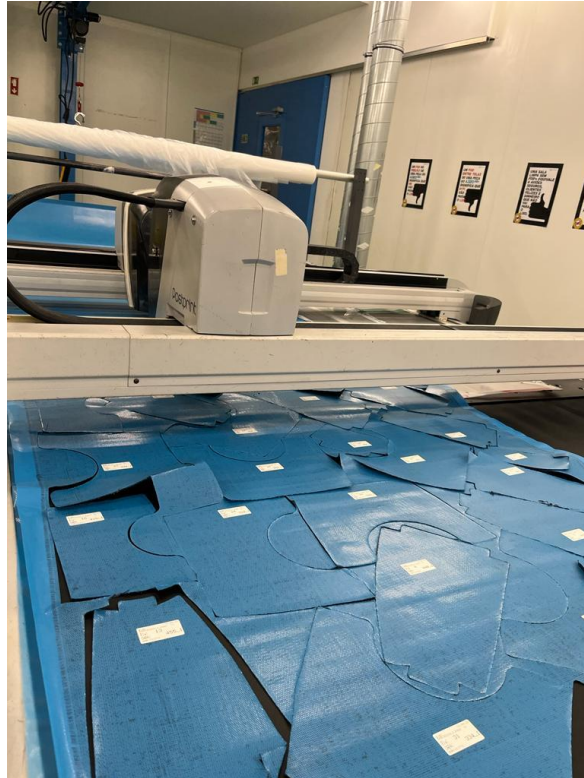


Figura 20- Telas corretamente carimbadas

A máquina corta os *nestings* realizados através de programas da *Lectra*, como o *Marker Making* e o *Marker Manager*. Estes programas permitem ao utilizador criar um nome do *nesting*, a quantidade de *part numbers* inseridos e o material a ser utilizado, tal como se pode ver nas Figuras 21 e 22.

O programa *Marker Making* corre o *nesting* criado, fornecendo ao utilizador a melhor disposição possível das telas, de acordo com o tempo que o *nesting* foi deixado correr. Este programa fornece também dados, como a eficiência do *nesting*, o comprimento, a largura e a sua área útil.

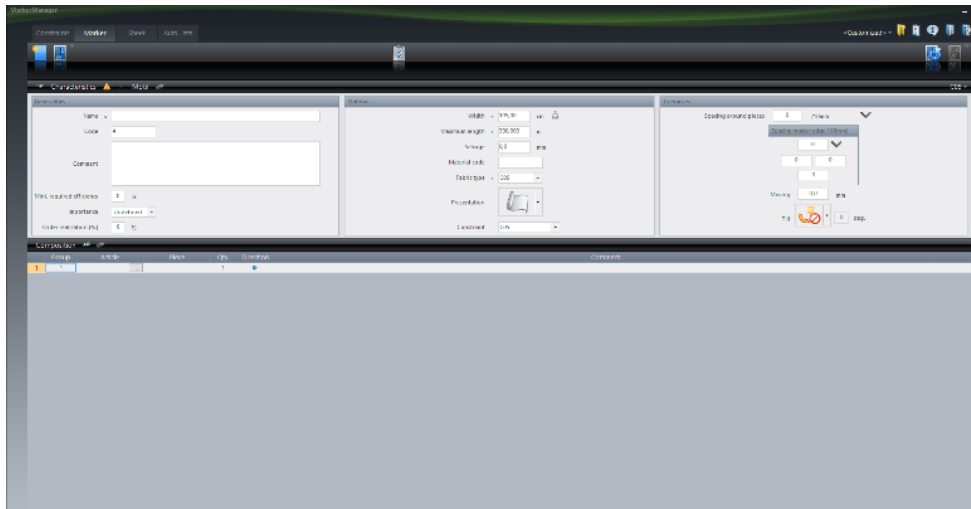


Figura 21- Marker Making programa de criação de nestings.

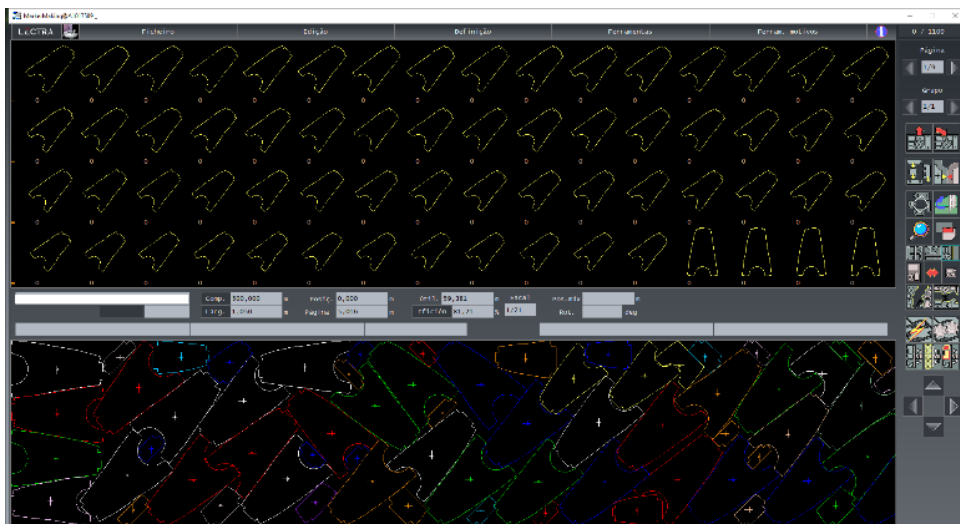


Figura 22- Marker Manager programa que corre o nesting.

Na máquina *Lectra* é selecionado o *nesting* pretendido cortar, tal como se pode ver na Figura 23. O operador permanece junto do fim da máquina e visualiza se o corte está a ocorrer do modo pretendido. Em caso de possível arrasto de telas o operador para o corte para resolver o problema em causa.

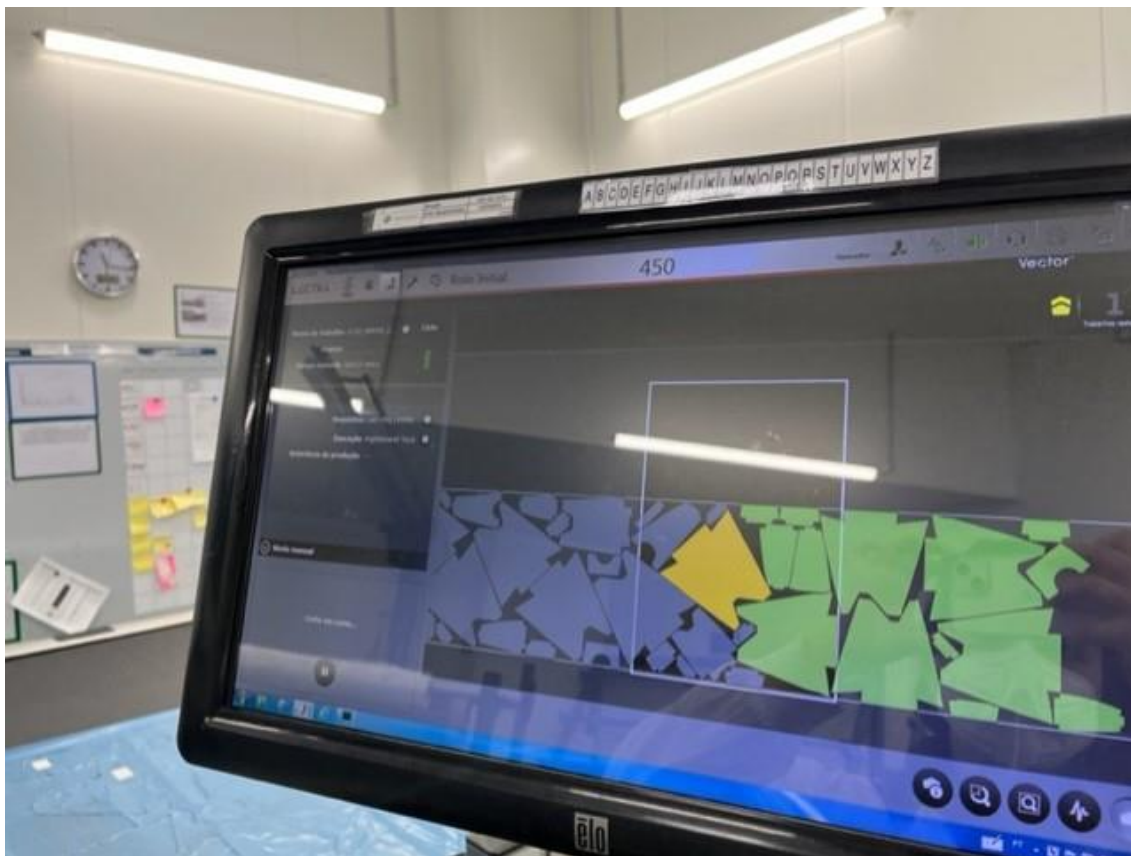


Figura 23-Seleção da *nesting* a cortar.

Quando o *nesting* é selecionado e se inicia o processo de corte, o operador encontra-se junto do fim do tapete de corte e recolhe as telas etiquetadas, deixando cair apenas o material que fica em volta das telas cortadas, que neste caso conta como desperdício. As telas etiquetadas, são colocadas num carrinho de transporte, já previamente separadas por *part number*, para mais tarde serem organizadas corretamente, tal como será analisado no subcapítulo seguinte.

3.2.6 Organização das Telas Cortadas

Estando as telas no carrinho, é necessário realizar a sua ordenação, sendo que esta é feita do número maior da tela para o número menor, tal como se pode verificar na Figura

24. O processo de organização é feito desta forma para garantir que a moldação manual das peças é a mais correta, evitando possíveis erros de colocação de telas nos moldes.



Figura 24-Organização de telas de um kit.

Um dos grandes problemas encontrados na organização de telas situava-se na organização do programa A, no material carbono 2, uma vez que por cada kit cortado existe uma quantidade de telas significativa, como se por verificar nas Figuras 25 a) e b) e desencadeia desorganização em sala por falta de meios auxiliares como, por exemplo, carros de apoio à organização desses mesmos kits.



a)



b)

Figura 25- (a) dimensões das telas do programa A e (b) quantidade de telas do kit do programa A

Algumas vezes o operador de corte necessita de parar a operação de corte para prestar auxílio ao colaborador que está a organizar todos os kits em sala, utilizando o tapete da máquina de corte como auxílio de organização de telas, como se pode ver na Figura 26.



Figura 26- Desorganização em sala por falta de meios auxiliares

Para cada kit é impressa uma ordem de produção (OP), através do *software* SAP, que acompanha o kit desde que o mesmo é cortado até ao abastecimento do mesmo em *layup*. Esta ordem de produção contém nela o nome do programa a cortar, o corte, ou seja, o *nesting* a ser cortado, a organização das telas e a verificação de que as telas foram organizadas corretamente, sendo que quando cada operador realiza uma destas ações necessita de carimbar essa mesma ação e colocar a data de realização da mesma.

Quando o colaborador carimba e preenche a data, por cada OP necessita de colocar cinco carimbos e cinco datas, sendo que se torna um problema quando os carimbos não são carimbos datadores, mas sim carimbos que apenas deixam um espaço para o colaborador preencher manualmente a data. Com esta atividade o colaborador perde tempo considerável numa atividade que não acrescenta valor e torna-se numa atividade de desperdício de tempo.

Realizadas todas as ações presentes na OP, o colaborador abastece o *layup*, ou seja, prepara o carrinho para entregar ao *layup* para o mesmo iniciar a moldação manual do molde.

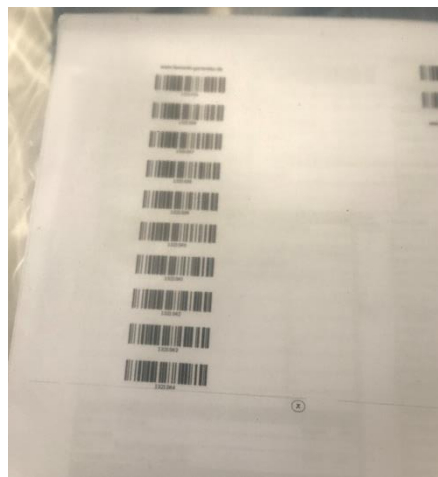
3.2.7 Armazenamento de Kits na Arca Frigorífica

Quando os kits se encontram organizados e colocados nos devidos carros de transporte são abastecidos no *layup*. Algumas das vezes os kits vêm para trás porque o planeamento foi alterado e não há condições para fazer a peça, tanto porque não existem núcleos, indisponibilidade do molde ou até mesmo por absentismo.

Nestas situações o kit volta à sala de corte e terá de ser colocado na arca frigorífica, de modo que não se estrague o material. Para se proceder de forma correta, através do software SAP, tem de se dar entrada do kit na arca frigorífica, para além disso, imprime-se um código de barras para juntar à OP do kit, como se pode verificar na Figura 27. Este código de barras facilita a picagem de kits, quando se está a realizar o inventário da arca frigorífica.



a)



b)

Figura 27- (a) kit com OP e (b) código de barras com kit

Um dos problemas existentes nesta ação do kit ser abastecido em arca frigorífica encontra-se na inexistência de uma definição de horário de abertura da arca frigorífica, ou seja, sempre que é necessário um kit, ou é necessário a colocação do mesmo em arca frigorífica, realiza-se essa ação na hora, fazendo com que os colaboradores parem a tarefa que se encontram a fazer para poderem colocar o kit em arca frigorífica ou proceder ao retiro do mesmo.

Esta situação não deveria acontecer, visto que se forem pedidos mais do que um kit em alturas diferentes do dia, irá originar demasiadas paragens, enquanto que se houvesse um horário estabelecido, os kits seriam retirados nessa mesma hora, obrigando os

chefes de sala a analisar o planeamento e que kits iriam necessitar para o dia. Com esta ação, para além de se diminuírem paragens desnecessárias, promove-se um planeamento melhor e um correto descongelamento dos kits, uma vez que ao serem retirados com antecedência em vez de serem retirados em cima da hora, irão realizar um correto descongelamento.

3.2.8 Inventário da Arca Frigorífica

O inventário à arca frigorífica realiza-se todas as segundas-feiras, garantindo a comprovação de existência de kits em arca frigorífica.

Através do SAP é possível comprovar a quantidade de kits em arca frigorífica, mas ao ser realizado um inventário garante-se a comprovação física de que o kit existe e analisa-se também a caducidade desses mesmos kits, impedindo que caduquem. Analisa-se também possíveis falhas de colaboradores que não deram entrada ou saída de kits da arca frigorífica.

Como já foi referido anteriormente, ao existir um código de barras, junto do kit e da OP, facilita ao operador a picagem destes mesmos kits, garantindo que o tempo de exposição do colaborador às temperaturas mínimas, seja reduzido significativamente.

3.2.9 Ergonomia

A exigência física a nível do processo de corte e a nível da organização dos kits é considerável, uma vez que os colaboradores passam horas de pé a organizar e a separar telas, sem a existência de tapetes de descanso.

Adicionalmente a existência de mesas de organização demasiado baixas provocam cansaço e desencadeiam paragens devido à má postura dos colaboradores face às dimensões das mesas.

Como já foi referido anteriormente a ausência de meios de apoio ao transporte de rolos também se torna um problema ergonómico, devido às cargas excessivas das caixas de rolos.

3.2.10 Resumo dos Problemas Encontrados e Propostas de Melhoria

Após terem sido analisados todos os processos desde o armazenamento de materiais até ao abastecimento destes na máquina de corte, foram encontrados problemas que acarretavam desperdícios para a empresa, tanto a nível de materiais, como tempo perdido. Estes problemas estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6-Problemas encontrados e propostas de melhoria

Problemas	Proposta de melhoria
Planeamento entre corte e <i>layup</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Alterações constantes ao planeamento; • Mau planeamento face a materiais e moldes disponíveis ou existentes na empresa; • Ausência de um planeamento <i>standard</i>; • Presença de <i>part numbers</i> bloqueados no planeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de reunião entre <i>layup</i> e corte para verificação de plano semanal.
Controlo e sequenciamento do corte de materiais	
<ul style="list-style-type: none"> • Desencadeia muitas trocas de rolo e de lâminas, devido a ser um planeamento diário; • Desperdício de material por não se olhar para o planeamento a longo prazo e não se realizarem <i>nestings standard</i> consoante o pedido pelo cliente; • Quantidade de telas do programa A demasiado grande para os meios existentes em sala de corte; • Inexistência de uma quantidade mínima de corte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de um planeamento semanal; • Criação de <i>nestings standard</i>; • Definição de quantidades mínimas de corte.
Standards de armazenamento de materiais	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layout</i> desatualizado, devido a quantidades não corresponderem às consumidas diariamente; • Materiais de baixa rotatividade perto da porta, provocando um problema ergonómico; • Kits dos programas A e B impediam a colocação de mais do que uma caixa sobreposta nos espaços inferiores das estantes e desorganização desses mesmos kits; • Estantes posicionadas junto das paredes da arca frigorífica não promoviam a correta colocação das paletes e comprometiam a segurança dos colaboradores. • Tabuleiros nas estantes impediam a visualização da colocação das paletes nas estantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de <i>Layout</i> atualizado; • Alterações a nível estrutural da arca frigorífica.

Tabela 6- Problemas encontrados e propostas de melhoria (continuação)

Problemas	Proposta de melhoria
<p>Aprovisionamento de materiais caducáveis à máquina de corte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausência de definição de horário de <i>picking</i> de kits e rolos da arca frigorífica; • Ausência de apoio aos colaboradores face ao transporte de caixas e rolos; • Estrutura de descongelamento não promove o fluxo de materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de horário de abertura da arca; • <i>Layout</i> novo da ante camara.
<p>Organização de telas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de meios auxiliares à organização de telas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pedido de meios auxiliares à organização de telas.
<p>Implementação de 5S no posto de trabalho</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausência de <i>One point lesson</i> (OPL) para definição de métodos de trabalho; • Desorganização em gavetas de auxílio dos colaboradores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de 5S; • Criação de OPL.
<p>Ergonomia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausência de tapetes de descanso; • Mesas de organização demasiado baixas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pedido de tapetes de descanso; • Alterações das mesas de corte.

3.3 Desenvolvimento e Implementação de Propostas de Melhoria

Analisando o que foi referido anteriormente pode verificar-se a existência de alguns problemas, sendo que ao longo deste trabalho é pretendido reduzir e eliminar esses mesmos problemas. Neste capítulo serão demonstradas as ações implementadas, assim como apresentados e analisados indicadores de desempenho correspondentes às mesmas.

3.3.1 Controlo do Planeamento entre Corte e *Layup*

O planeamento entre o corte e *layup*, como já foi referido anteriormente apresenta algumas lacunas como o facto de poder ser alterado constantemente pelos chefes de sala e pelo chefe do planeamento. Com esta dificuldade criou-se uma reunião semanal entre os chefes do *layup* e o chefe do corte, todas as quintas feiras, para analisarem o planeamento que ficava disponível na rede todas as terças-feiras e com base nos moldes, núcleos e pessoas existentes na empresa, ou seja, já com previsões de absentismo, verificam-se todas as peças que não foram realizadas na semana anterior e que estão em atraso e com base no planeamento disponível na rede, são definidas as peças que vão ser cortadas e produzidas.

Com este controlo conseguiu-se reduzir os atrasos no planeamento e as alterações constantes ao mesmo, uma vez que havia um congelamento semanal resultante desta reunião, impedindo alterações ao mesmo. Através desta reunião também se analisam quais os melhores *nestings* a cortar de modo a reduzir desperdício de material e os custos associados.

3.3.2 Controlo e Sequenciamento do Corte de Materiais

Com base nas decisões da na reunião semanal das quintas-feiras entre o corte de telas e o *layup*, sai um novo planeamento correto e com menores trocas de rolo.

Com esta definição o planeamento diário do corte de telas deixou de ocorrer, passando a ser um planeamento semanal que reduziu significativamente as trocas de rolo. O planeamento semanal criado nas reuniões de quinta-feira é comparado com o planeamento semanal com o que foi realmente realizado, como pode ser observado na Figura 28. Através desta ação é possível analisar o que correu mal e implementar ações para estes erros não voltarem a acontecer.

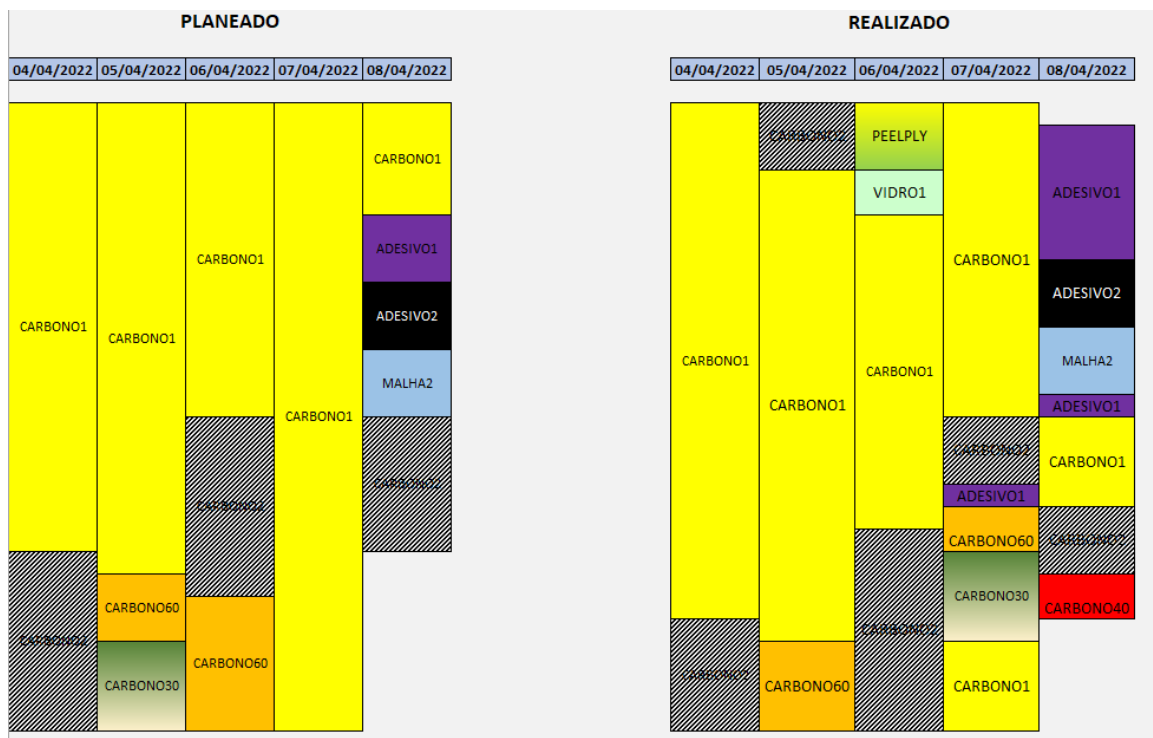


Figura 28- Comparação entre o planeamento planeado e o realizado

De modo a complementar o planeamento semanal do corte, foram definidas quantidades mínimas de corte, para reduzir desperdícios de materiais. A definição de quantidades mínimas obrigava os colaboradores a olhar para o planeamento a longo prazo, impedindo-os de utilizar um rolo apenas para cortar telas individuais para reposição de telas, e realizar *nestings* com todas as telas individuais, reduzindo o desperdício de materiais. Com esta ação também se evita desperdícios de materiais por caducidade de rolos, uma vez que os rolos são retirados da arca frigorífica menos vezes.

Para realizar esta definição analisou-se o planeamento semanal, os *nestings* existentes e as quantidades consumidas diariamente. O resultado pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7- Definição de quantidades mínimas de corte

Material	Área (m ²)	Quantidade de rolo/ <i>Nesting</i>
Adesivo 1	15	1/3 Rolo
Adesivo 2	15	1/3 Rolo
Carbono 2	92	1 Rolo
Malha 1	20	¼ Rolo
<i>Peel Ply</i>	38	<i>Nesting A (4x)</i>
Vidro 2	148	1 Rolo
Vidro 1	34	1 Rolo dividido
Carbono 30	30	<i>Nesting B (2x)</i>
Carbono 40	11	<i>Nesting C</i>
Carbono 60	65	<i>Nesting B</i>
Carbono 1	30	<i>Nesting D</i>

No Vidro 1 realizou-se uma ação de dividir o rolo enviado pelo fornecedor, uma vez que o rolo era enviado do fornecedor com 150 m de comprimento e 0,960 m de largura dando um total de 144 m². Este material é cortado num *nesting* de 10 aviões, tendo o mesmo um comprimento de 11,038 m, retirando ao rolo uma área de 10,596 m². Ao ser cortado tão pouco material de cada vez e ter de se retirar um rolo com uma área tão grande acabava por reduzir tempo de vida ao rolo e expor os colaboradores a cargas elevadas sem necessidade.

De modo a solucionar este problema dividiu-se o rolo em cinco rolos menores, quatro com uma área de 34 m² e um com 8 m². Os rolos com 34 m² permitiam cortar 3 vezes o *nesting* existente de 10 aviões e o que sobrava do rolo servia para reposições de telas. Já o rolo de 8 m² serve para reposições e ensaios de rolo. Com esta divisão os colaboradores não são expostos a cargas tão pesadas e é garantido que o rolo sai menos vezes da arca frigorífica com benefícios de tempo de vida.

Para realizar esta divisão o rolo é colocado na máquina de corte e deixa-se o rolo correr, enquanto a máquina de corte indica o comprimento já cortado. No local onde as telas são recolhidas encontra-se um operador que enrola o rolo, num tubo de um rolo que foi gasto na sua totalidade, como se pode observar na Figura 29.



Figura 29-Divisão de rolo de vidro 1

Através da ação da definição de um planeamento semanal e a definição das quantidades mínimas a cortar, realizou-se uma análise das trocas de rolo durante 20 semanas, sendo as duas primeiras (WX e WX2), semanas onde o planeamento era diário e não havia a definição de quantidades mínimas a cortar. Nas restantes semanas foi aplicado o planeamento semanal e implementadas as quantidades mínimas de corte, como se pode ser no gráfico da Figura 30.

No gráfico da Figura 30, foi definido um objetivo de 35 trocas de rolo por semana. Retirando a primeira semana de aplicação das duas ações referidas em cima, foi cumprido o objetivo estabelecido, passando a haver uma média de apenas 24 trocas de rolo semanalmente.

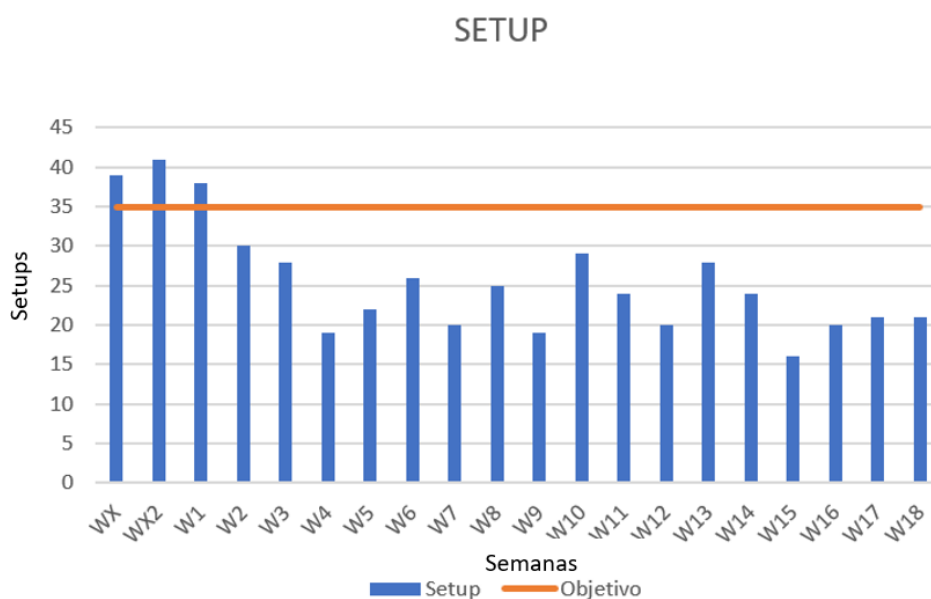


Figura 30- Trocas de rolos semanais

Com a definição de um planeamento semanal reduz-se tempos de mão de obra direta, uma vez que se reduzem as trocas de rolo. Analisando o pior dos casos a nível de trocas de rolos, este é de 39 trocas, já o melhor é de 16 trocas de rolo. Sendo que um operador demora 3,5 minutos a efetuar a troca, ao final de um ano perde 64,4 h/ano.

3.3.3 Criação de *Nestings* para Otimizar Material

Uma das soluções para tornar *standard* o planeamento e o corte de materiais, passaria pela criação de *nestings standard* que garantissem o aproveitamento dos materiais e ao mesmo tempo se eliminassem as constantes alterações dos *nestings*, conseguindo também eliminar defeitos e erros ao longo do processo de corte.

A criação de *nestings* torna-se fundamental para um dos objetivos do projeto, uma vez que é através dos *nestings* que irão ser reduzidos os desvios do consumo real versus o consumo teórico de 2% para 1%, porque tornando o corte *standard* torna-se mais fácil controlar os desvios face ao cortado.

Cada *nesting standard* consome uma quantidade de m^2 e essa quantidade é registada no SAP para que sempre que se corte o *nesting standard*, seja registada essa informação. O problema surge quando se cortam *nestings* diferentes aos que estão registados no SAP, porque o SAP faz o registo da informação de que a totalidade de m^2 consumidos foi o do *nesting standard*. Um exemplo deste caso dos desvios é no *nesting standard* de dois aviões do produto B2 mais 1 avião do produto B3, uma vez que quando se corta

este *nesting* mas se adiciona a este telas que foram danificadas o SAP vai buscar a informação do consumo do *nesting standard*, o que não corresponde à realidade, uma vez que o *nesting standard* apresenta um consumo de m² inferior ao que foi realmente consumido. Casos como este ocorrem em todos os programas existentes devido à substituição de telas danificadas e ainda devido à constante variação de *nestings* criados.

Quando esta situação acontece, o consumo teórico, ou seja, o registado pelo SAP, não corresponde ao que foi cortado realmente e por este motivo os consumos ficam com desvios. Efetivamente a criação de *nestings standard* é crucial para controlar os desvios de consumos, uma vez que ao serem cortados os *nestings standard* os consumos ficam corretos porque os consumos registados em SAP correspondem ao real.

De modo a aumentar a quantidade de *nestings standard* e reduzir significativamente o corte de *part numbers* individuais, analisou-se o planeamento entre o corte e o *layup* e quais os produtos se poderiam juntar consoante o material e as suas dimensões e formas, na sequência de que se procedeu à realização de *nestings*.

Foram realizados 63 *nestings* novos com uma redução de custos de 79 677 €, como se pode ver no gráfico da Figura 31 a laranja. Esta redução de custos foi calculada através da análise do comprimento, largura, eficiência, área útil e área total do *nesting*, sendo que todos estes dados eram fornecidos pelo *software* de teste de *nestings*.

Neste gráfico também pode ser observado a azul o número de *nestings* criados por semana e ainda comparar a redução de custos em *nestings* com o objetivo (cinzento). Este objetivo foi estabelecido através dos desvios anuais do ano anterior, sobre o consumo de matéria-prima de 3 255 500 €, sendo o objetivo ficar com desvios de 32 555 € ao final de 48 semanas. Estabeleceu-se a reta objetivo semanal acumulado com base nestes valores.

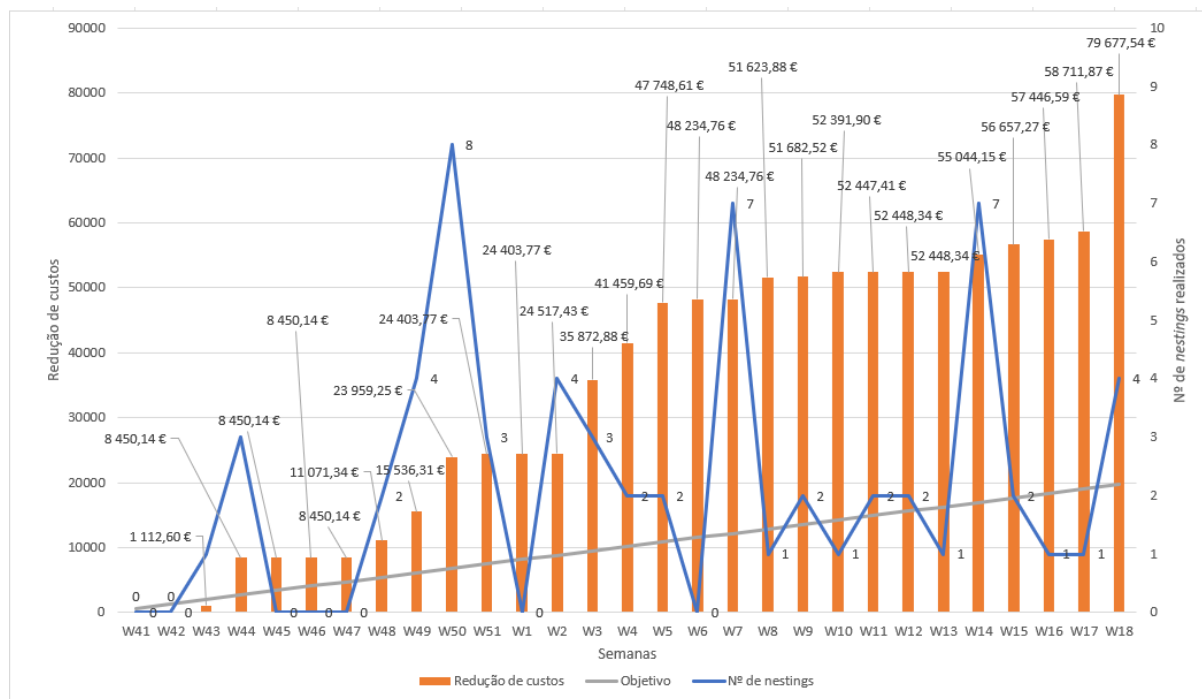


Figura 31-Nestings realizados e redução de custos

Dos *nestings* representados anteriormente apenas quatro deles foram implementados na produção, com uma redução de custos total de 34 220 €. Os *nestings* que não foram implementados, não o foram devido a condições de espaço e investimento, mas foi proposto à empresa medidas para tornar estes *nestings* possíveis de implementar.

Com base no planeamento existiam quantidades de aviões que eram pedidas todos os dias, como 2 aviões B3 mais dois aviões B2, sendo que já existia um *nesting standard* de 2 aviões B2 mais 1 avião B3 e separadamente teria de ser cortado mais um avião B3, para corresponder ao que era pedido ao cliente. Procedeu-se ao teste e verificou-se que havia uma redução de custos anual de 10 385 € quando comparado um com o outro.

Na Tabela 8, é apresentada a comparação dos *nestings*, comparando a diferença entre a área total do *nesting* de 2 aviões B2 mais 2 aviões B3, com a soma da área total dos 2 aviões B2 mais 1 avião B3 mais o *nesting* de 1 avião B3 e verificou-se que a diferença de áreas totais era de 1,11 m², dando ao final do ano uma redução de custos de 39,337 m² por *nesting* cortado do material carbonó 1.

Tabela 8- Redução de custos do *nesting* de 2 aviões B2 mais 2 aviões B3 do material carbono 1

<i>Nesting</i>	Comprimento (m)	Largura (m)	Eficiência (%)	Área útil (m ²)	Área total (m ²)	Redução de Custos (€)
2 aviões B2 + 2 aviões B3	90,278	1,050	80,990	76,770	94,790	39,337
2 aviões B2 + 1 aviões B3	74,629	1,050	81,290	63,700	78,360	
1 avião B3	16,628	1,050	74,520	13,070	17,540	

Sendo que um avião para ficar completo necessita de um *nesting* ímpar e um *nesting* par, e como a *nesting* ímpar é simétrico do *nesting* par, o lucro dos dois *nestings* é o mesmo uma vez que a disposição das telas é a mesma, dando uma redução de custos de 78,13 m², obtendo-se ao final do ano uma redução de custos de 10 385 €.

Para além deste *nesting* anteriormente mencionado, foi criado um *nesting* de 12 aviões do programa B1, uma vez que para este programa o planeamento nunca era *standard* e os colaboradores tinham de criar um *nesting* novo todas as semanas. Criado este *nesting* o planeamento ficou *standard* para este programa e para além disto houve uma redução de custos de 2 871 € do material carbono 1.

Este valor foi obtido através da análise de todos os *nestings* criados no ano anterior e comparado com o número de aviões que se iriam produzir no ano atual, ficando o *nesting* com as dimensões e redução de custos expostos na Tabela 9.

Tabela 9- Redução de custos do *nesting* do programa B1

<i>Nesting</i>	Comprimento (m)	Largura (m)	Eficiência (%)	Área Útil (m ²)	Redução de Custos (€)
12 aviões B1	51,387	1,050	91,370	49,298	2 871

Um outro *nesting* foi criado para o programa C, neste programa os *nestings* realizados foram dos dois adesivos existentes, carbono 2 e ainda vidro 1, e as reduções de custos e dimensões estão representados na Tabela 10.

Tabela 10- Redução de custos do *nesting* dos quatro materiais utilizados no programa C

<i>Nesting</i>	Comprimento (m)	Largura (m)	Eficiência (%)	Área Útil (m ²)	Σ Redução de Custos (€)
<i>Nesting</i> Adesivo 1	16,776	0,900	81,000	12,230	16 853
<i>Nesting</i> Adesivo 2	25,578	0,900	90,470	18,032	
<i>Nesting</i> Vidro	15,551	0,950	85,000	13,365	
<i>Nesting</i> carbono 2	144,354	1,050	78,330	128,829	

O último *nesting* implementado na produção é do programa D e este programa contém os dois adesivos, os dois vidros e o carbono 2, as dimensões de cada material e a redução de custos totais podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11- Redução de custos do *nesting* dos cinco materiais utilizados no programa D

<i>Nesting</i>	Comprimento (m)	Largura (m)	Eficiência (%)	Área Útil (m ²)	Redução de Custos (€)
<i>Nesting</i> Adesivo 1	5,856	0,900	83,840	4,419	4 110
<i>Nesting</i> Adesivo 2	10,653	0,900	92,590	8,878	
<i>Nesting</i> Vidro 1	1,832	0,950	90,090	1,567	
<i>Nesting</i> Vidro 2	2,413	1,250	94,830	2,856	
<i>Nesting</i> Carbono 2	18,827	1,050	82,440	16,297	

Em resumo, os *nestings* apresentados anteriormente já se encontram implementados na produção, tendo uma redução de custos total de 34 220 €, esses *nestings* encontram-se representados na da Tabela 12.

Tabela 12- Redução de custos de *nestings* em produção

<i>Nesting</i>	Redução de Custos (€)
2 aviões B2 + 2 aviões B3	10 385
12 aviões B1	2 871
1 avião programa C	16 853
1avião programa D	4 110

Os restantes *nestings* não se encontram em produção porque, principalmente no programa A, o planeamento nunca é *standard*, não se conseguindo cortar os *nestings* realizados. Adicionalmente as telas destes programas são demasiado grandes e cada kit tem grandes quantidades de telas o que provoca desorganização na sala de corte de

telas, uma vez que os meios, como carros de organização são poucos e o espaço é bastante reduzido.

Ao cortar estes *nestings*, frequentemente o operador de máquina de corte tem de parar a máquina para dar auxílio ao colaborador que está a realizar a organização dessas telas. Adicionalmente há a necessidade de libertar espaço para se proceder ao corte do próximo *nesting*.

A quantidade de telas e a desorganização na sala provocada pelo corte destes *nestings* pode ser observada na Figura 32.



Figura 32- Desorganização do corte de telas por numerosas telas existentes por *part numbers*

Em paralelo com a realização das ações referidas, foram analisados também através de dados retirados do SAP, os movimentos dos materiais caducados e estragos, de modo a verificar se as ações em cima referidas permitiam cumprir o objetivo da redução dos custos de caducáveis de 35 000 € para 20 000 €.

De modo a controlar estes valores analisaram-se dados de 28 semanas, relativos a valores dos movimentos dos materiais caducados e de estragos e foi estabelecido um objetivo de que durante todas as semanas este valor não poderia ultrapassar 729,17 €, uma vez que os caducados não deveriam ultrapassar os 35 000 € durante 48 semanas. A partir da análise destes movimentos foi elaborado o gráfico presente na Figura 33.

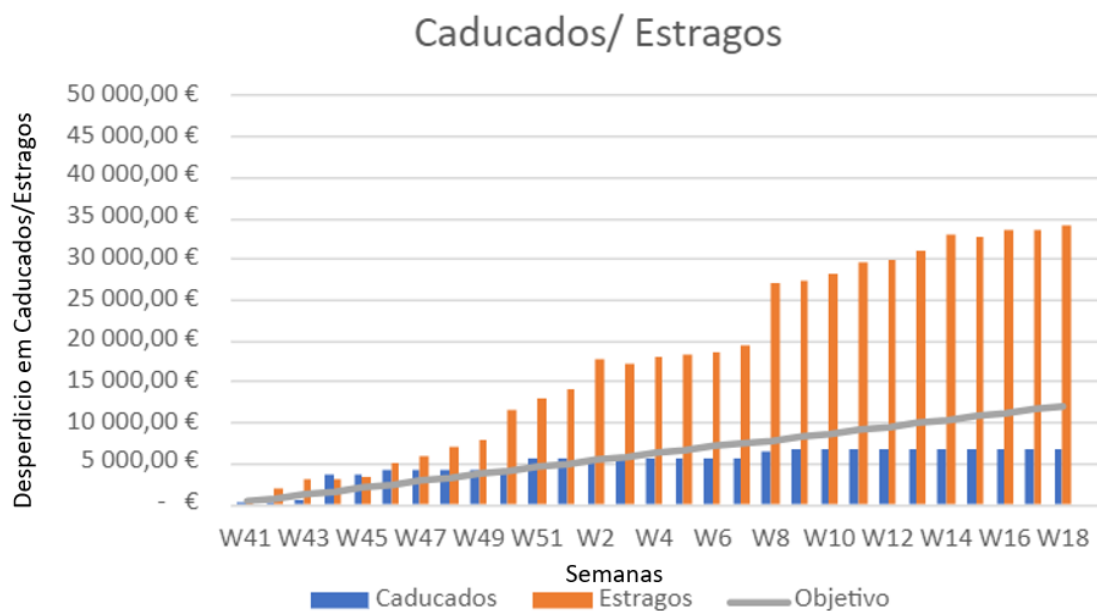


Figura 33- Gráfico dos caducados/Estragos

Neste gráfico para cada semana os estragos são valores acumulados desde o início do período. Se forem analisados os declives das retas entre semanas a partir da W2 as retas não contêm declives tão acentuados, como quando comparados com as semanas anteriores, que são semanas onde não havia implementação de *nestings standard*, nem definição de quantidades mínimas de corte.

Observando os caducados, a partir da W2 os estragos mantiveram-se sempre dentro da linha objetivo, o que demonstra que através do planeamento semanal e novos *nestings* realizados foi possível cumprir o objetivo estabelecido. Através das ações referidas foi reduzido o desperdício de material por caducidade e por estragos de materiais, devido a se diminuírem retiros de rolo da arca frigorífica e devido ao desperdício de materiais por não se olhar para o planeamento a longo prazo. Um fator crucial que ajudou a se controlar os dois fatores referidos anteriormente, foi o estabelecimento de quantidades mínimas de corte e ainda a divisão de rolos em quantidades menores, como o caso do vidro 1.

Prevê-se que no final do ano existam 10 871 € de estragos o que quer dizer que se cumpriu o objetivo estabelecido de 20 000 €. Este valor foi obtido considerando que o valor de 6 341 € em 28 semanas será constante ao longo das 48 semanas, comprovando que o objetivo foi cumprido.

3.3.4 Standards de Armazenamento de Materiais

Para resolver os problemas identificados na arca frigorífica, foram definidas ações no sentido de os resolver. Inicialmente procedeu-se à implementação de ações que melhorassem problemas ergonómicos e, por esse motivo, procedeu-se ao afastamento das estantes certa de 15 cm para a frente, para melhor colocação das paletes, fazendo com que as mesmas não ficassem de fora e garantindo uma melhor segurança dos colaboradores. Para além disso foram retiradas as travessas que impediam a visualização do modo da colocação das estantes, como se pode verificar na Figura 34.

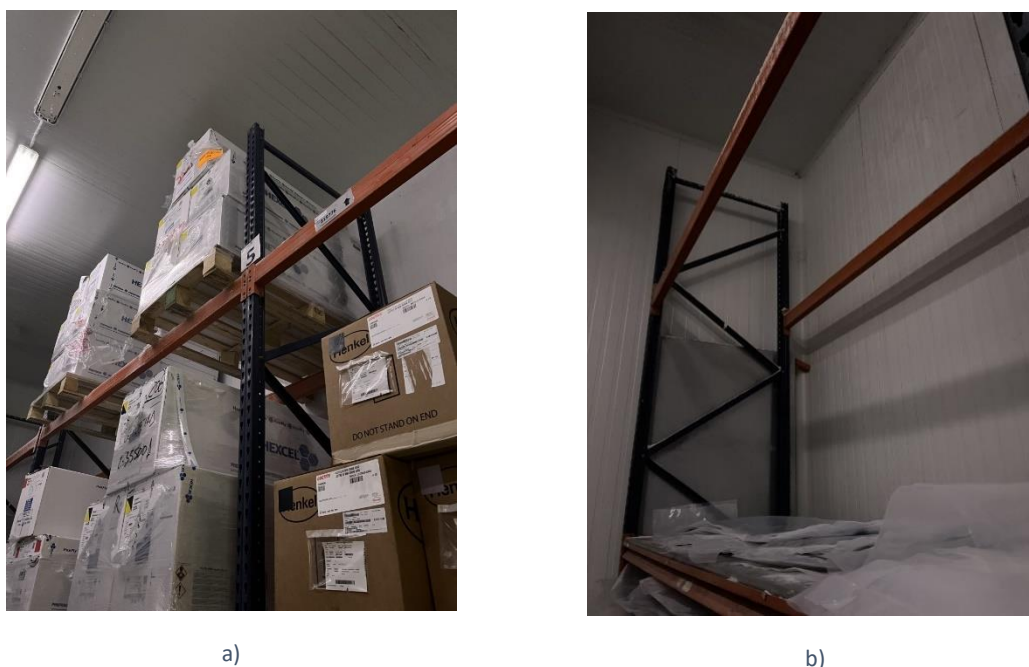


Figura 34- (a) Afastamento de 15 cm das estantes e (b) Remoção das travessas das prateleiras

De seguida, para ser possível propor um *layout* correto realizou-se uma análise através do SAP das quantidades consumidas durante 6 meses, e foi calculado o consumo médio diário. Sabendo também que os rolos são enviados pelo fornecedor com um determinado comprimento e tendo em conta a informação disponível em SAP, relativamente às quantidades consumidas durante os 6 meses, realizou-se uma tabela com quantidades mínimas e máximas de stock, como pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13- Quantidade de rolos mínima e máxima a ter em arca frigorífica

Material	C30	C1	M1	M2	PP	C40	C2	A2	A1	V1	V2	C60
Objetivo (20 dias)	7	44	2	1	4	1	15	3	4	1	2	26
Mínimo (10 dias)	4	22	1	1	2	1	8	2	2	1	1	13
Máximo (30 dias)	10	66	2	1	5	2	22	5	5	1	3	34

Ao saber-se os valores de stock mínimo e máximo procedeu-se à alteração do local onde se colocavam os kits de carbono dos programas A e B, para mais tarde se colocarem os rolos de acordo com os stocks definidos na Tabela 13. Os kits de carbono foram colocados no fundo da arca frigorífica, como se pode ver na Figura 35, permitindo que se pudesse ter mais do que caixa sobreposta ao se organizarem os rolos de acordo com os stocks anteriormente definidos.



Figura 35- Kits de carbono colocados no fundo da arca frigorífica

Os kits de adesivo e malha, como são kits mais pequenos, começaram a ser guardados na arca enrolados sobre si mesmos. De modo a colocá-los numa estrutura que promovesse uma maior facilidade e rápida identificação, montou-se uma estante num local vazio da arca frigorífica e foram aproveitados os tubos dos rolos vazios para colocação desses mesmos kits. Fez-se a identificação dos mesmos consoante o *part number* e os mesmos ficaram guardados como está representado na Figura 36.



Figura 36- Kits de adesivo e malha em arca

Estando realizadas todas as alterações a nível estrutural da arca frigorífica procedeu-se à implementação do *layout* já com os stocks mínimos e máximos, tal como pode ser observado na Figura 37.

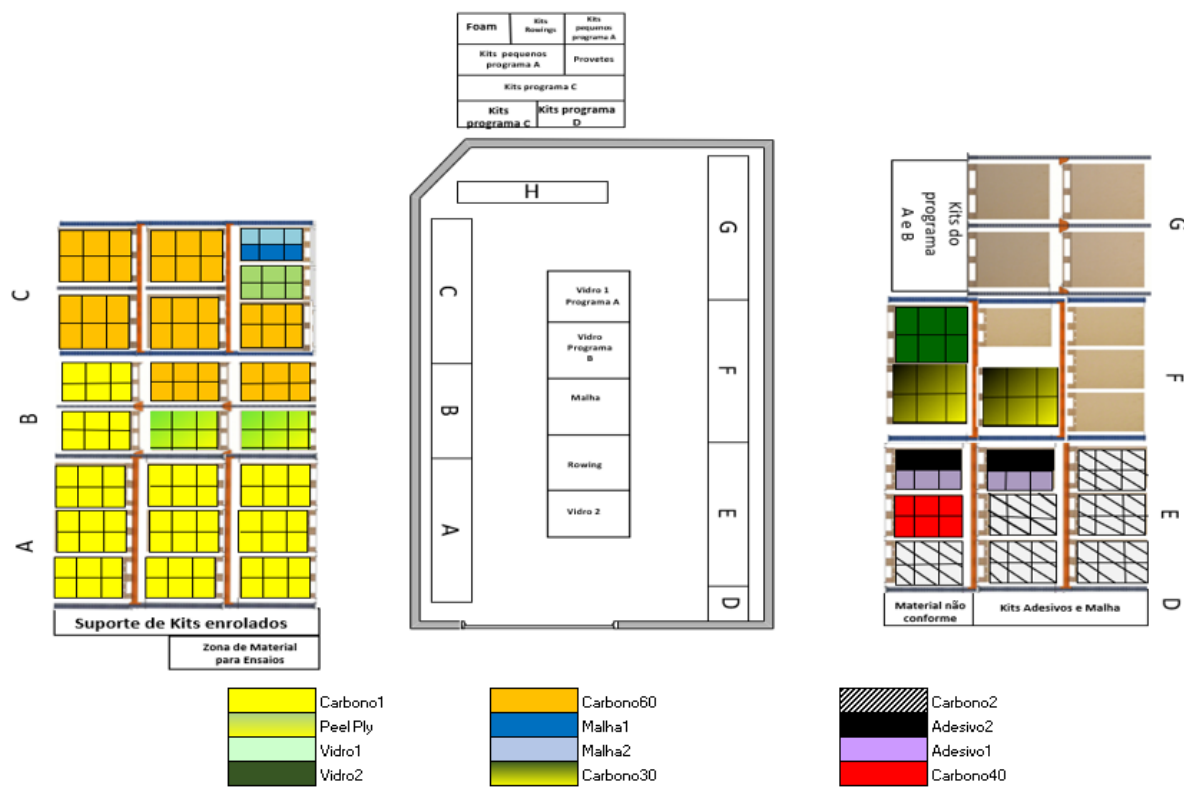


Figura 37- *Layout* correto da arca frigorífica

Os colaboradores sempre que observam que as caixas estão abaixo do stock mínimo (vermelho), como está representado na Figura 38, devem avisar a logística de que as encomendas estão com algum problema ou atraso.

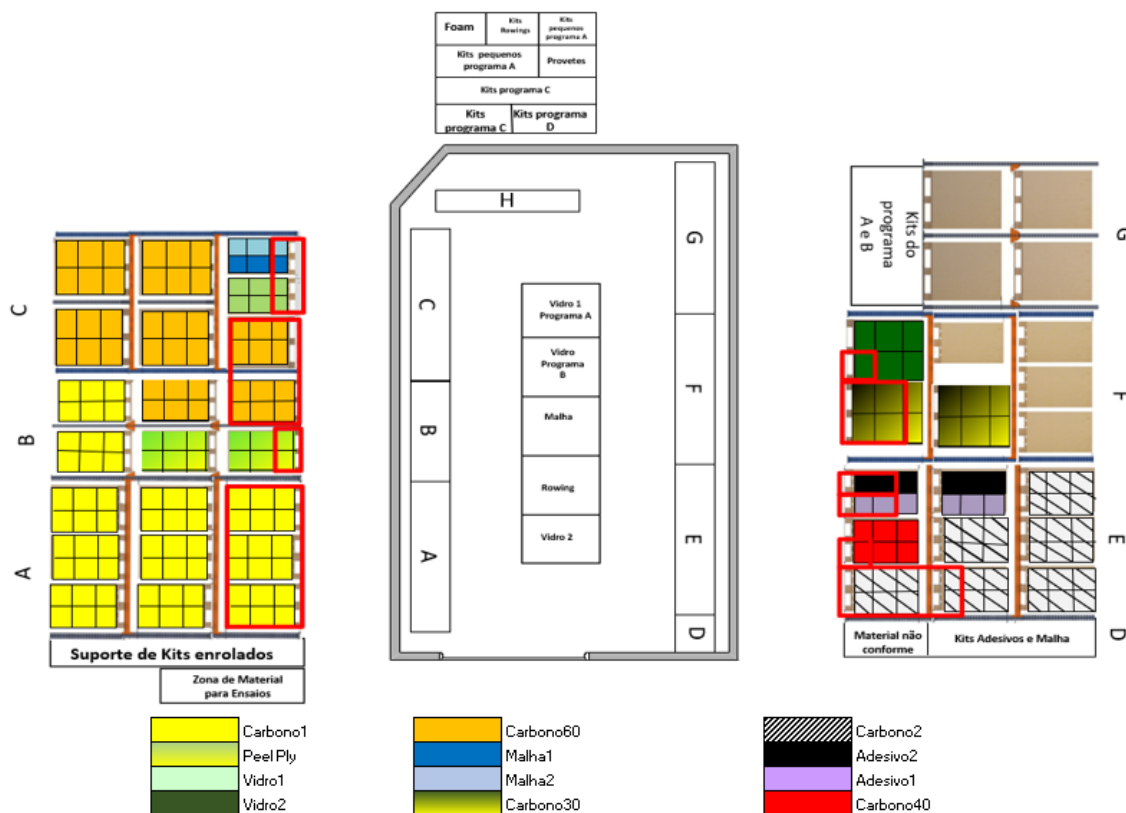


Figura 38- Layout com stock mínimo

3.3.5 Aprovisionamento de Materiais Caducáveis à Máquina do Corte

Os materiais depois de saírem da arca frigorífica necessitam de descongelar, e sendo colocados na antecâmara, tal como se vê na Figura 39.



Figura 39- Antecâmara

Um dos problemas consistia na ausência de um horário fixo para remoção de kits e rolos da arca frigorífica, o que desencadeava idas constantes à arca e muitas vezes os colaboradores paravam o seu trabalho para irem à arca frigorífica retirar kits e rolos. Para resolver este problema foram definidos dois períodos de ida à arca frigorífica, um no turno da manhã e um no turno da tarde, o que obrigava a que se realizasse uma melhor gestão a nível do planeamento e um maior controlo de kits, tal como se pode observar na figura 40.

Adicionalmente foi criada uma folha que obrigava a identificar todos os kits ou rolos que fossem retirados fora deste horário, a razão da urgência, assim como a identificação da pessoa que o fez, tal como se pode ser observada na Figura 41.

Atividade	Horário
Pedidos de kits/ Retirar rolos da arca	11h-12h
Pedidos de kits/ Retirar rolos da arca	22h-23h
Realização do Inventário (Segundas feiras)	8h30-16h

Coordenador de Produção:

Figura 40- Horário de abertura da arca frigorífica

Qualquer pedido de kits ou retirada de rolo da arca, realizado fora do horário estabelecido, deve ser devidamente justificado, assim como ser feita a sua identificação na tabela abaixo.

Any kit request or ark roll withdrawal, carried out of established schedule, must be justified, as well as being indented in the table below.

Kit/ Rolo Kits/Rolls	Hora/Time	Dia/ Day	Pedido por/ Requested By	Motivo/ Reason

Figura 41- Folha de controlo do não cumprimento de horário de abertura da arca frigorífica

Com estas implementações passou a existir uma maior comunicação entre o *layup* e o corte de telas, uma vez que os obriga a definir quais os kits a retirar e a colocar na arca frigorífica, assim como um maior controlo do planeamento.

Para além do referido com a definição de horários de abertura da arca frigorífica ocorre uma poupança de tempos de mão de obra direta, visto que sem a existência deste horário os colaboradores iam cerca de três vezes por dia à arca frigorífica buscar kits, demorando cerca de 5 minutos, ao haver 2 turnos, durante um ano perdiam 110 h/ano.

3.3.6 Implementação dos 5S no Posto de Trabalho

Devido à sala do corte apresentar uma área reduzida, os 5S por norma já se encontravam bem implementados, com a exceção de pequenos pontos que não se encontravam bem definidos.

As gavetas foram organizadas e identificadas, para que o material seja sempre organizado e rapidamente encontrado, tal como se pode ver nas diferenças entre as Figuras 42 e 43.

Na Figura 42 as gavetas estão desarrumadas e separadas por esferovite incorretamente dividido e na Figura 43 as gavetas já se encontram divididas por caixas e os locais dos

materiais já se encontram no local correto, promovendo uma melhor arrumação e um melhor método de trabalho.



Figura 42- Antes da implementação dos 5S

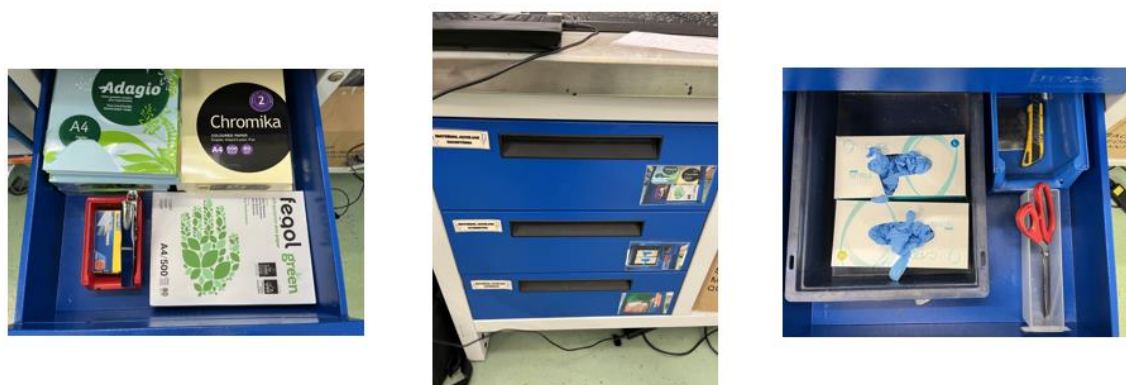


Figura 43-Depois da implementação dos 5S

Separados os materiais também se fez a identificação do que continha cada gaveta, como pode ser constatado na Figura 43.

Uma outra ação realizada foi a definição de um horário de envio de mopas para limpeza, uma vez que não havia essa definição, o que provocava a uma má limpeza das mesmas e por sua vez má limpeza da sala. Todos os dias ao final de cada turno a sala era limpa por mopas, mas ao fim de cada utilização não havia um dia definido, nem um horário para as mopas serem enviadas para limpeza, fazendo com que as mopas muitas das vezes não fossem lavadas. Com esta definição promove-se a limpeza correta da sala do corte.

Ainda neste ponto, foram realizadas OPL para melhor definição e auxílio de processos e atividades realizadas na sala de corte:

- Quantidades mínimas de corte (Anexo 1);
- Limpeza de lâminas de corte (Anexo 2);
- Abastecimento de kits do corte e *layup* (Anexo 3);
- Limpeza no posto de trabalho (Anexo 4);
- Iluminação da sala;
- Planeamento do corte (Anexo5).

3.4 Redução de Tempos de Mão de Obra Direta (MOD)

No sentido de reduzir os tempos de processamento das tarefas realizadas e os tempos de mão de obra direta, foram analisadas das diferentes tarefas quais seriam os tempos MOD que poderiam ser reduzidos e foram definidas ações.

3.4.1 Falta de Meios Auxiliares ao Corte

O primeiro problema encontrado foi a falta de meios auxiliares ao corte, uma vez que diariamente são cortados quatro aviões do programa B2 e cada avião é colocado num carro específico e identificado com os seus *part numbers*. No entanto na sala de corte só existiam dois carros de abastecimento a *layup*, o que proporcionava a que a organização de kits destes aviões fosse feita e os mesmos ficassem à espera da disponibilidade de um carro para serem abastecidos a *layup*. Com esta espera havia desperdício de tempo, uma vez que se existissem mais carros, bastava colocar os kits organizados nos carros e abastecer o *layup*, para se dar início à moldação manual.

Para resolver este problema foram criados dois carros, que foram todos identificados corretamente, como se pode ver na Figura 44.

Na Tabela 14 pode ser analisado o resumo do problema e da ação aplicada para o resolver.

Tabela 14- Problema da existência de carros insuficientes

Problema	Ação
<ul style="list-style-type: none">• Kits organizados são colocados em carro de transporte de buffer e depois transferidos para carro de abastecimento.• Desperdício de tempo;	<ul style="list-style-type: none">• Criação de mais 2 carros e identificação dos mesmos para que existam 4 carros de abastecimento direto a <i>layup</i>.

Figura 44- Criação de mais dois carros de abastecimento direto a *layup*

Com a criação de mais dois carros de abastecimento a *layup*, o tempo de espera para abastecimento por carro reduz em 15 minutos, o que dá o total de 1h por dia, ou seja, no total poupa-se 220 horas ao ano

3.4.2 Ausência de Método de Organização de Telas e Materiais

O problema identificado foi na organização de telas do programa A, uma vez que como são telas de dimensões grandes, há dificuldade na organização das mesmas.

Como já foi referido anteriormente os adesivos e a malha são cortados todas as sextas-feiras para os *part numbers* da semana seguinte. O que acontece é que os *part numbers*

que levam os dois adesivos e a malha são os mesmos, ou seja, quando se cortam dez *part numbers* do adesivo 1, também se irão cortar os mesmos *part numbers* do adesivo 2 e da malha. O que acontecia era que cada *part number* cortado era separado pelos diversos carros da sala, sendo que se fossem cortados dez *part numbers* do adesivo 1 estes dez eram separados pela sala pelos diversos carros, e o mesmo acontecia para a malha e para o adesivo 2.

No final o kit contém os dois adesivos e a malha que são enrolados e armazenados num saco para serem armazenados na arca frigorífica, como se pode observar na Figura 45.

O problema surge na junção dos *part numbers* dos diferentes materiais, uma vez que o colaborador necessitava de andar pela sala à procura de cada um dos *part numbers* para os juntar, ao estarem todos espalhados pelos diferentes carros da sala gerava muita desorganização e perda de tempo.



Figura 45- Kits de malha e dois adesivos

A ação implementada foi colocar os *part numbers* por material uns em cima dos outros, fazendo um monte de kits, como se pode ver na Figura 46 a) e b). Com isto é garantido que se sabe o local de todos os *part numbers* e como estão os montes todos pela mesma ordem consegue-se fazer mais rapidamente a separação e organização dos kits.



a)



b)

Figura 46- (a) Monte de kits dos adesivos 1 e 2 e (b) monte de kits de malha

Na Tabela 15 pode ser analisado o resumo do problema e da ação aplicada para o resolver.

Tabela 15- Problema na organização de telas do programa A

Problema	Ação
<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade na organização de telas do programa A (malha e adesivos) devido aos <i>part numbers</i> estarem separados em diferentes locais. 	<ul style="list-style-type: none"> Pré-seleção dos kits do programa A na máquina de corte apenas por material. Como sequência de corte das peças é a mesma não é necessário andar à procura do seguinte <i>part number</i> para organizar.

Os adesivos e a malha só são cortados às sextas-feiras e com as ações implementadas foi analisado que se poupava 4h todas as sextas-feiras, dando ao final do ano um total de 192 h.



3.4.3 Ergonomia

O outro problema identificado é a nível ergonómico, uma vez que os colaboradores passam 8h a organizar kits e as mesas de organização são baixas pelo que os colaboradores se encontravam muitas vezes debruçados sobre as mesmas, fazendo com que produtividades dos colaboradores baixe e a sua saúde fique também prejudicada.

De modo a resolver a situação, as mesas foram elevadas 15 cm e foram colocadas rodas, o que permite movimentar as mesas e transportar kits grandes.

Na Tabela 16 pode ser analisado o resumo do problema e da ação aplicada para o resolver.

Tabela 16- Problema ergonómico

Problema	Ação
<ul style="list-style-type: none"> Mesas de organização muito baixas. Dificuldade na organização. 	<ul style="list-style-type: none"> Alteração das mesas de organização.
	

Com a elevação das mesas de trabalho foi ganho ao ano 18 h, uma vez que por dia os colaboradores perdiam 5 minutos por paragem, devido a desconforto, uma vez que as mesas serem baixas.

3.4.4 Ausência de Carimbos Datadores

O outro problema identificado encontra-se no preenchimento das OP, devido ao preenchimento de carimbos nas mesmas. Um exemplo que provoca perda de tempo de mão de obra direta é quando se cortam 18 aviões de vidro, e por cada avião saem 44 OP. Em cada OP são necessários 5 carimbos, como se pode observar na Figura 47, o que dá um total de 3 960 carimbos. Nestes carimbos é necessária a colocação da data, uma

vez que os carimbos não possuem datador, com isto perde-se por carimbo 3 s dando ao final de um ano 726 h. Por este motivo, pediu-se um orçamento de carimbos, mas até a data de conclusão do projeto final aguardava confirmação das compras.

Na Tabela 17 pode ser analisado o resumo do problema e da ação aplicada para o resolver.

Tabela 17- Problema no preenchimento de OP

Problema	Ação
<ul style="list-style-type: none"> Preenchimento de datas nas OP bastante demorado, devido a falta de carimbos com data. 	<ul style="list-style-type: none"> Pedido orçamento de carimbos com data.

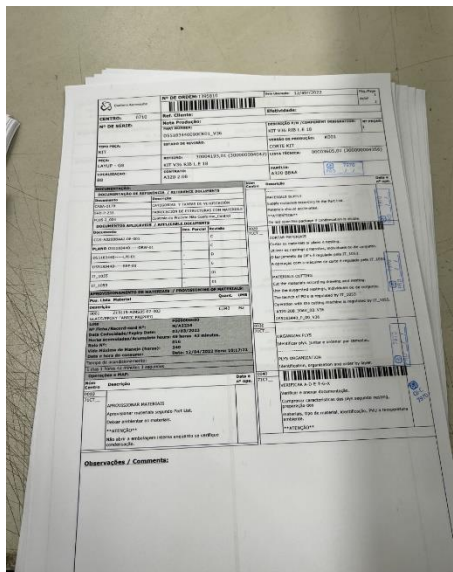


Figura 47- Preenchimento de OP

3.4.5 Ganhos Totais na Redução de Tempos de Mão de Obra Direta (MOD)

Em suma, com a implementação de ações para redução de tempos MOD, reduziu-se 1330 horas anuais, o que é bastante vantajoso, uma vez que se elimina tempos desperdiçados e se reduz o tempo de processamento das tarefas realizadas.

Todas as ações efetuadas que permitiram reduzir os tempos de mão de obra direta podem ser observadas na Tabela 18.

Tabela 18- Resumo da redução de tempos MOD

Ação	Tempo de mão de obra direta (h/ano)
Meios auxiliares ao corte	220
Método de organização de telas de materiais	192
Ergonomia	18
Carimbos datadores	726
Horário de abertura da arca frigorífica	110
Planeamento da máquina semanal	64

Com esta redução as atividades envolvidas ao produto fabricado ficaram reduzidas significativamente o que proporciona uma produção melhor e mais eficiente.

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

- 4.1 Principais Contributos do Trabalho Realizado
- 4.2 Propostas de Trabalhos Futuros

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo serão apresentados todos os contributos prestados para a implementação de melhorias e soluções, assim como as principais dificuldades sentidas na implementação das mesmas.

4.1 Principais Contributos do Trabalho Realizado

A empresa apresenta problemas no corte, no armazenamento, no planeamento e na organização de materiais, pelo se tornou necessário implementar ações de resolução desses mesmos problemas. A realização das ações foi analisada semanalmente numa reunião de equipa e foram atribuídas funções a cada um dos elementos para que se proporcionasse a resolução desses mesmos problemas.

Nesta reunião eram analisados os KPI e era feita a verificação do cumprimento das ações implementadas, como se pode ver na Figura 48. Para além disto era analisada também a folha A3 criada no início do projeto e a verificação do cumprimento de todas as ações a realizar para a conclusão do mesmo.



Figura 48- Projeto de melhoria

A realização deste projeto teve como principais contributos:

- Detecção de problemas no *layout* e nas estruturas da câmara frigorífica;
- Detecção de problemas existentes no planeamento e controlo do mesmo de uma forma melhor;
- Detecção de problemas de comunicação entre diferentes secções da empresa (*corte, layup* e planeamento),
- Detetar que há uma correlação direta entre a ausência de definição de quantidades mínimas a cortar, mau controlo de planeamento, sequenciamento do corte de materiais e a ausência de *nestings standard*, para a existência de materiais caducados e estragos;
- Verificação da necessidade de meios face à quantidade de telas de cada programa existente;
- Definição de quantidades mínimas de corte;
- Implementação de um *layout* que correspondesse às quantidades consumidas;
- Redução de tempos MOD;
- Tornar o planeamento e o corte *standard*.

Adicionalmente os três objetivos deste estudo foram o ponto fulcral deste projeto, sendo que um deles não foi completamente alcançado na sua totalidade, ainda que se tenha realizado uma melhoria face ao estado inicial.

Na Tabela 19, é efetuada a comparação entre o objetivo e o que foi alcançado.

Tabela 19- Objetivos e resultados do projeto

Objetivo	Objetivo	Resultados
		79 677 €
Redução os desvios do consumo real vs teórico de 2% para 1%	32 555 €	34 220 € (já implementado em produção)
Redução dos custos dos caducáveis de 35.000 € para 20.000 €	20 000 €	10 871 €
Aumento da eficiência da máquina de 75% para 90%.	90%	81%

Através da análise da Tabela 19 verifica-se que apenas o último objetivo não foi concluído na sua totalidade. As razões pelas quais não se conseguiu realizar este ponto foram o facto de haver uma necessidade de existência de uma zona de acumulação e de separação de telas dedicado ao programa A, para que não ocorram paragens na máquina de corte, devido ao operador de corte necessitar de ajudar na organização de telas para libertar espaço na sala de corte. Adicionalmente, a velocidade de corte e o nível de vácuo da máquina de corte também são um ponto a analisar em projetos futuros, uma vez que muitas vezes as telas arrastavam e ficavam estragadas, devido a estes dois fatores, fazendo o operador parar a máquina de corte para resolver a situação originando paragens não planeadas.

Através de dados que a máquina do corte fornecia, foi calculado o tempo de corte de máquina em relação ao tempo de operação máquina, dando um total de 81%.

Os restantes pontos foram atingidos na sua totalidade.

O primeiro objetivo da redução dos desvios do consumo real versus o teórico de 2% para 1%, foi cumprido, uma vez que no ano anterior os desvios anuais eram de 65 110 €, sendo o objetivo ficar agora com desvios de 32 555 €. A estratégia para cumprir este objetivo passou pela criação de *nestings*, uma vez que ao serem criados *nestings* é garantido que os consumos no SAP são os corretos, em vez de se cortarem sempre *nestings* diferentes e os consumos ficarem com desvios e nunca serem os corretos.

Existirem *nestings standard* é um fator crucial tanto para o planeamento ser *standard*, como para controlar os desvios da produção.

Este objetivo foi cumprido, uma vez que em produção estão já implementados quatro *nestings standard* com uma redução de custos de 34 220 € e os restantes *nestings* têm uma redução de custos potencial de 79 677 €.

O segundo objetivo da redução dos custos dos caducáveis também foi cumprido, uma vez que se prevê que no final do ano existam 10 871 € de estragos o que quer dizer que se cumpriu o objetivo estabelecido no início do estágio de 20 000 €.

Este objetivo foi cumprido essencialmente pela criação de uma definição de quantidades mínimas a cortar, divisões de rolos, melhor controlo do planeamento e ainda pela criação de *nestings standard*, uma vez que com estes quatro fatores reduziu-se a quantidade de caducados, tanto por não se tirarem tantas vezes rolos e kits da arca frigorífica, como por haver um maior controlo do planeamento e por isso não haver desperdício de materiais e de kits na arca frigorífica. A divisão de rolos também se tornou essencial uma vez que se reduziu idas à arca e eliminou-se possíveis reduções do tempo de vida de rolo, devido a estarem sempre a ser retirados da arca frigorífica.

4.2 Propostas de Trabalhos Futuros

Ao longo do desenvolvimento do projeto foram analisadas situações que afetam o processo de corte, tendo sido feitas propostas de melhoria para trabalhos futuros que podem melhorar essas situações.

4.2.1 Aprovisionamento de Materiais Caducáveis à Máquina de Corte

Na zona de descongelamento de materiais (antecâmara), a estrutura promove a fixação dos materiais e não o seu fluxo e por esse mesmo motivo, foi realizado um novo *layout* de modo a ser promovido o fluxo dos materiais.

Nesta zona, em vez de uma estante, ficariam carros de apoio de materiais, sendo que os mesmos suportariam o peso das caixas, assim como kits. Os kits deverão ser guardados enrolados em vez de esticados, como é exemplificado na Figura 49.



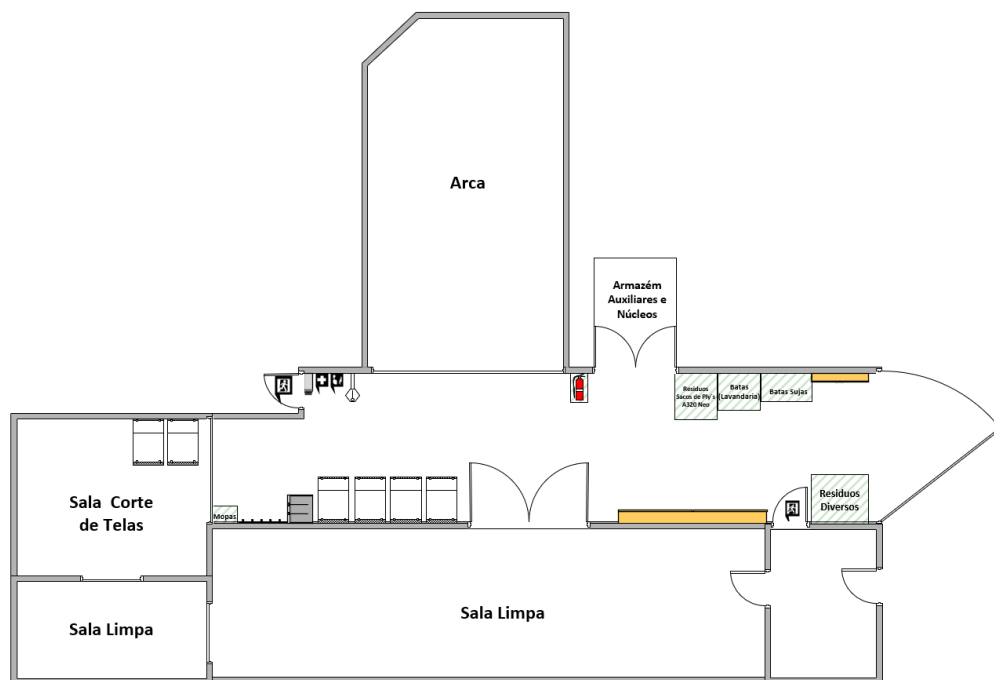
Figura 49- (a) kit de maiores dimensões enrolado (b) kit de menores dimensões enrolado

Os rolos, ao serem armazenados desta forma, poderão ser transportados por um carro como o da Figura 50, assim como as caixas, promovendo o fluxo de materiais, e prestar auxílio aos colaboradores face ao peso das caixas, garantindo que não se lesionam no transporte das caixas.



Figura 50- Carro de transporte de caixas e rolos

Foi realizado ao longo do projeto um *layout* para antecâmara, representado na Figura 51, que se propõe que seja implementado no futuro, uma vez que já contém os carrinhos referidos anteriormente e a ausência da estante fixa.

Figura 51- *Layout futuro da Antecâmara*

4.2.2 Controlo do Tapete da Máquina de Corte

O objetivo do aumento da eficiência da máquina de corte não foi cumprido e um dos motivos foi a velocidade de corte e o nível de vácuo da máquina de corte. Estes dois pontos não foram analisados ao longo do projeto, mas são fatores fundamentais para reduzir paragens não planeadas, devido ao arrastamento de telas e consequentemente à reposição das mesmas. Ao ser controlado o vácuo e a velocidade do tapete da máquina de corte, será possível reduzir este arrastamento, assim como reduzir tempos de paragem não planeados.

4.2.3 Meios para Organização de Telas

Devido à existência de grandes quantidades de telas cortadas, sobretudo no programa A, é necessário espaço e meios, como carros de apoio, que auxiliem a organização das telas. Com a existência deste espaço e de meios conseguia-se cortar mais *nestings standard* e obter lucro com os mesmos, reduzindo também paragens não planeadas devido ao operador de corte ter de prestar auxílio aos colaboradores que se encontram a organizar telas de kits

4.2.4 Ergonomia

De modo a auxiliar os colaboradores da sala do corte, devia haver a existência de tapetes de descanso, uma vez que os colaboradores passam horas de pé a organizar kits ou na máquina de corte. Com a presença dos mesmos assegurar-se-ia um melhor desempenho dos colaboradores, assim como seria garantida a sua segurança e aumentada a sua produtividade.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Alamri, A. A., & Syntetos, A. A. (2018). Beyond LIFO and FIFO: Exploring an Allocation-In-Fraction-Out (AIFO) policy in a two-warehouse inventory model. *International Journal of Production Economics*, 206, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.025>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Ascensão, T., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2017). Dust in Lacquer, Evidence of Deviation of Process in Production Lines for Spray Painting. *Procedia Manufacturing*, 11, 671–678. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.166>
- Attia, E. A., Megahed, A., AlArjani, A., Elbetar, A., & Duquenne, P. (2022). Aggregate production planning considering organizational learning with case based analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.002>
- Bhade, S., & Hegde, S. (2020). Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED. *Materials Today: Proceedings*, 24, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.298>
- Bragança, S., & Costa, E. (2015). AN APPLICATION OF THE LEAN PRODUCTION TOOL STANDARD WORK. *Jurnal Teknologi*, 76(1), 2180–3722. <https://doi.org/10.11113/jt.v76.3659>
- Carreira, B. (2004). *Lean Manufacturing That Works*.
- Cavaco, I., & Ávila, P. (2016a). *Planeamento e Controlo da Produção*.
- Cavaco, I., & Ávila, P. (2016b). *Programação e Controlo da Produção*.
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean

- tools. *Procedia Manufacturing*, 17, 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.115>
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company* (pp. 001–012). <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- del Mar Roldán-García, M., García-Nieto, J., Maté, A., Trujillo, J., & Aldana-Montes, J. F. (2021). Ontology-driven approach for KPI meta-modelling, selection and reasoning. *International Journal of Information Management*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.003>
- Díaz-Madroflero, M., Mula, J., & Jiménez, M. (2015). Material requirement planning under fuzzy lead times. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.088>
- Eden, C., & Ackermann, F. (2018). Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 1145–1155. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.061>
- Entringer, T. C., & Ferreira, A. da S. (2018). Proposal for a Reference Model for Sales & Operations Planning and Aggregate Planning. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 5(8), 277–284. <https://doi.org/10.22161/ijaers.5.8.34>
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 95(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/95/1/012127>
- Fin, J. C., Vidor, G., Ceconello, I., & Machado, V. D. C. (2017). Improvement based on standardized work: an implementation case study. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(3), 388. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n3.a12>
- Freitas, A. M., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Pereira, J. (2019). Improving efficiency in a hybrid warehouse: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 1074–1084. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.195>
- Harmon, P. (n.d.). *BUSINESS PROCESS CHANGE A Business Process Management Guide for Managers and Process Professionals Third Edition Third Edition*. www.bptrends.com
- Herrera, C., & Thomas, A. (2009). Simulation of less master production schedule nervousness model. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 42(4 PART 1), 1585–1590. <https://doi.org/10.3182/20090603-3-RU-2001.0554>
- Jaipriya, S., Nisha, J., Pavithra, R., & Pradeepa, K. (2021). Development of Smart Kanban System for Stores. *2021 7th International Conference on Advanced Computing and*

- Communication Systems, ICACCS* 2021, 945–948.
<https://doi.org/10.1109/ICACCS51430.2021.9441780>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps* (2006th ed.). McGraw-Hill.
<https://doi.org/10.1036/0071448934>
- Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, 51, 1723–1729. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240>
- Matthews, D. D. (2011). *The A3 workbook: unlock your problem-solving mind*. CRC Press.
- Monteiro, J., Alves, A. C., & Carvalho, M. do S. (2017). Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company. *Procedia Manufacturing*, 13, 995–1002.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.097>
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
<https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>
- Mourtzis, D., Doukas, M., Lalas, C., & Papakostas, N. (2015). Cloud-based integrated shop-floor planning and control of manufacturing operations for mass customisation. *Procedia CIRP*, 33, 9–16.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.06.004>
- Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016a). Re-engineering Assembly Line with Lean Techniques. *Procedia CIRP*, 40, 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.139>
- Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016b). Re-engineering Assembly Line with Lean Techniques. *Procedia CIRP*, 40, 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.139>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Ortiz, C. A., & Park, M. R. (2011). *Visual Controls Applying Visual Management to the Factory*. CRC Press.
- Pereira, M. T., Sousa, J. M. C., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2019). Localization system for optimization of picking in a manual warehouse. *Procedia Manufacturing*, 38, 1220–1227. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.213>

- Rebelo, C. G. S., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Sá, J. C. (2021). The relevance of space analysis in warehouse management. *Procedia Manufacturing*, 55, 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.064>
- Riad Bin Ashraf, S., Mynur Rashid, M., & M Harunur Rashid, A. R. (2017). Implementation of 5S Methodology in a Food & Beverage Industry: A Case Study. In *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 2, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>
- Romsdal, A., Sgarbossa, F., Rahmani, M., Oluyisola, O., & Strandhagen, J. O. (2021). Smart Production Planning and Control: Do All Planning Environments need to be Smart? *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 355–360. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.161>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Santos, H., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2018). A Novel Rework Costing Methodology Applied to a Bus Manufacturing Company. *Procedia Manufacturing*, 17, 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.109>
- Scotchmer Andrew. (2008). *5S KAIZEN IN 90 MINUTES*. Management Books 2000 Ltd.
- Selvik, J. T., Bansal, S., & Abrahamsen, E. B. (2021). On the use of criteria based on the SMART acronym to assess quality of performance indicators for safety management in process industries. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104392>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* SHIGEO SHINGO. Productivity, Inc.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>

- Silva, F. J. G., & Ferreira, L. C. P. F. (2019). *LEAN Manufacturing- Implementation, Opportunities and Challenges*. Nova Science Publishers, Inc.
- Singh, S., & Kumar, K. (2021). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(1), 1153–1162. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.019>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, *17*, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, *8*, 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>
- Theumer, P., Sultani, D., & Reinhart, G. (2021). Identification of a novel architecture for production planning and control in consideration of biomimetic algorithms. *Procedia CIRP*, *99*, 674–679. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.03.090>
- Tjell, J., & Bosch-Sijtsema, P. M. (2015). Visual Management in Mid-sized Construction Design Projects. *Procedia Economics and Finance*, *21*, 193–200. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00167-7](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00167-7)
- Usuga Cadavid, J. P., Lamouri, S., Grabot, B., & Fortin, A. (2019). Machine learning in production planning and control: A review of empirical literature. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.155>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, *38*, 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- Weflen, E., MacKenzie, C. A., & Rivero, I. v. (2022). An influence diagram approach to automating lead time estimation in Agile Kanban project management. *Expert Systems with Applications*, *187*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115866>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *LEAN THINKING-Banish Waste And Create Wealth In Your Cotporation*.
- Zhang, Y. Y., Hu, Z. Z., Lin, J. R., & Zhang, J. P. (2021). Linking data model and formula to automate KPI calculation for building performance benchmarking. *Energy Reports*, *7*, 1326–1337. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.02.044>
- Zipfel, A., Braunreuther, S., & Reinhart, G. (2019). Approach for a production planning and control system in value-adding networks. *Procedia CIRP*, *81*, 1195–1200. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.291>

Anexos

- 6.1 Anexo 1- OPL de Quantidades minimas de corte
- 6.2 Anexo 2- OPL de Limpeza de lâmina de corte
- 6.3 Anexo 3- OPL de Abastecimento de kits do corte e *layup*
- 6.4 Anexo 4- OPL de Limpeza no Posto de Trabalho
- 6.5 Anexo 5- OPL de Planeamento do Corte

6 ANEXOS

6.1 Anexo 1- OPL de Quantidades Mínimas de Corte

Processo: Quantidades mínimas de corte

Tarefa:

1-"Análise do planeamento macro entre corte e layup"

Análise do planeamento macro entre corte e layup e verificação das quantidades a cortar

2-"Análise de quantidades de m2 a cortar"

Análise de quantidades de m2 a cortar para comparação com quantidade mínimas de corte

3-"Agrupações de *nestings* a cortar"

Análise de todos os produtos a cortar e criação de *nestings* para alcançar quantidades mínimas e não desperdiçar material

6.2 Anexo 2- OPL de Limpeza de Lâminas de Corte

Processo: Limpeza da lâmina de corte

Tarefa:

1-"Utilização de lâmina de corte nova"

Utilização de lâmina nova de corte



2-"Colocação da lâmina utilizada em local de lâminas já usadas"

Colocar lâmina de corte já utilizada em posições
consoante as vezes que foi utilizada



3-"Envio de lâmina de corte para limpeza"

Envio da lâmina de corte para limpeza após a mesma se
encontrar já com muitas impurezas e muitas utilizações

6.3 Anexo 3- OPL de Abastecimento de Kits do Corte e *Layup*

Processo: Abastecimento de kits do corte a *layup*

Tarefa:

1-"Organização de kits"

Organização de kits na sala de corte para abastecimento a *layup*

2-"Colocação destes kits em carro de abastecimento a *layup*"

Colocação dos kits em carro de abastecimento a *layup* com a devida OP

3-" Colocação do kit dentro de bolsa"

Colocação do kit dentro de bolsa, assim como a sua OP e código de barras



4-"Em casos de kit regressar a sala de corte, colocação de kit em arca"

Colocação do kit em arca devido ao seu regresso a sala de corte.



5-"Através do SAP dar entrada do kit em arca"

Dar entrada do kit em arca através do SAP

6.4 Anexo 4- OPL de Limpeza no Posto de Trabalho

Processo: Limpeza do Posto de Trabalho	
Tarefa:	
<p>1 – “Limpeza do local de trabalho”</p> <p>Limpar o local de trabalho de modo a que este fique limpo, organizado e com segurança, a fim de evitar potenciais FODs.</p>	
<p>2 – “Seleção do material necessário”</p> <p>Selecionar todo o material que irá ser necessário para o posto de trabalho e arrumar o que não será preciso.</p>	
<p>3 – “Organizar material necessário”</p> <p>Efetuar uma organização do material que irá ser necessário para que haja uma rápida localização dos mesmos.</p>	
<p>4 – “Limpeza do posto no fim do turno”</p> <p>Permanecer com o local limpo para que o próximo turno possa iniciar o trabalho em segurança e com qualidade.</p>	 
<p>5 – “Verificar plano semanal de limpeza”</p> <p>Cumprir e verificar se o plano semanal de limpeza está a ser cumprido corretamente.</p>	
<p>6 – “Limpeza de mopas”</p> <p>Enviar mopas sujas todas as terças e sextas para limpeza, de modo a garantir a limpeza correta da sala.</p>	

6.5 Anexo 5- OPL de Planeamento do Corte

Processo: Planeamento do corte

Tarefa:

1-"Análise do planeamento macro"

Análise do planeamento macro entre corte e layup

2-"Reunião entre corte e layup às quintas-feiras"

Definição do que vai ser cortado na semana seguinte, de acordo com o planeamento e o que ficou pendente da semana anterior"

3-"Planeamento semanal do corte"

Realização do planeamento do corte de materiais e disponibilização do mesmo na rede

4-"Agrupações de nestings"

Agrupações de nestings para alcançar as quantidades mínimas de corte e diminuir o desperdício.