



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Implementação de projetos de melhoria de processos de fabrico na indústria automóvel**

**JOÃO DANIEL DURÃES ANTUNES**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Estágio de Natureza Profissional para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

**Orientador:**

Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão

**Júri:**

Presidente: Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Vogais:

Doutor Rui Manuel Ferreira Leal

Doutor Ivan Rodolfo Pereira Garcia de Galvão

**Novembro de 2023**





## **Agradecimentos**

Um agradecimento ao Professor Ivan Galvão por ter aceitado ser meu orientador, mostrando-se sempre disponível em ajudar.

Agradeço também a todos os funcionários da Volkswagen Autoeuropa pela forma como me receberam e me integraram no grupo, mostrando sempre disponibilidade para ensinar.

Aos meus pais, um grande agradecimento por toda força e apoio dados ao longo deste percurso.

## Resumo

O presente documento visa descrever o estágio realizado na fábrica Volkswagen Autoeuropa entre outubro de 2022 e abril de 2023, estágio que teve como objetivo a conclusão do mestrado em Engenharia Mecânica no ramo de Manutenção e Produção. Foram realizados quatro projetos de melhoria das condições de logística de espaços e das condições de trabalho dos operadores, propostos pela empresa, com o intuito de encontrar uma solução para os problemas existentes. Um dos projetos abordados foi o “Projeto de organização do heliporto”, onde neste se estudaram cinco modelos organizativos de modo a encontrar a opção que mais ferramentas (moldes para máquinas de prensagem e para máquinas de corte de bobines) conseguiria armazenar. O primeiro teria 4 corredores para passagem e operação da grua; de seguida, estudaram-se outros modelos, realizando de *layout* para *layout* a redução de um corredor, sendo considerados também os modelos de 3, 2 e 1 corredor. Relativamente ao modelo de 1 corredor, seriam estudadas duas versões, uma em que este teria 3,5 m e que daria acesso a um largo de operação da grua, e outra em que teria 9 m, permitindo a operação ao longo do mesmo. Na abordagem ao projeto de definição dos pinos das paletes de platinas, e de modo a reduzir o esforço realizado pelos operadores na movimentação destes, estudou-se uma forma de reduzir a sua massa. Começou-se então por efetuar cálculos do valor previsto para este parâmetro, alterando entre estudos o material do pino e, mais tarde, as dimensões e a geometria dos mesmos. Em relação ao projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas, com o mesmo objetivo do projeto anterior, pensou-se em utilizar um manipulador para o movimento dos mesmos; estudou-se assim um adaptador que permitisse a ligação entre os pinos e o mecanismo referido. Além dos projetos de melhoria descritos anteriormente existiu mais tarde a adição de um outro, onde foram criados *layouts*, para organizar outros parques de armazenamento de ferramentas.

**Palavras-chave:** organização de espaço; redução de massa; evitar lesões; melhoria contínua

## **Abstract**

This document aims to describe the internship carried out at the Volkswagen Autoeuropa plant between October 2022 and April 2023, an internship that aimed to complete the master's degree in Mechanical Engineering in the field of Maintenance and Production. Four projects were carried out to improve the logistics conditions of spaces and the working conditions of operators, proposed by the company, in order to find a solution to the existing problems. One of the projects addressed was the "Heliport Organization Project", where five organizational models were studied in order to find the option that more tools (molds for pressing machines and for coil cutting machines) could store. The first would have 4 corridors for passage and operation of the crane; Then, other models were studied, performing from layout to layout the reduction of a corridor, also considering the models of 3, 2 and 1 corridor. Regarding the 1 corridor model, two versions would be studied, one in which it would be 3.5 m and would give access to a crane operating width, and another in which it would be 9 m, allowing operation along it. In the approach to the project of defining the pins of the stage pallets, and in order to reduce the effort made by the operators in moving them, a way to reduce their mass was studied. We then started by making calculations of the predicted value for this parameter, changing the pin material between studies and, later, the dimensions and geometry of the same. In relation to the project of moving the pins of the press tables, with the same objective as the previous project, it was thought to use a manipulator for their movement; Thus, an adapter was studied that would allow the connection between the pins and the aforementioned mechanism. In addition to the improvement projects described above, there was later the addition of another one, where layouts were created, to organize other tool storage parks.

**Keywords:** space organization; mass reduction; avoid injury; continuous improvement



# Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tabelas.....	XIV
1. Introdução.....	1
2. Apresentação da empresa.....	3
2.1. Descrição geral da empresa.....	3
2.2. Linha de produção.....	6
3. Revisão de literatura.....	15
4. Apresentação do estágio.....	24
4.1. Diagnóstico da situação.....	27
4.1.1. Problema heliporto.....	27
4.1.2. Problema pinos das paletes de platinas.....	29
4.1.3. Problema pinos das mesas das prensas.....	29
4.1.4. Problema locais de armazenamento de ferramentas.....	31
4.2. Ações de melhoria.....	31
4.2.1. Problema heliporto.....	31
4.2.2. Problema pinos das paletes de platinas.....	33
4.2.3. Problema pinos das mesas das prensas.....	33
4.2.4. Problema locais de armazenamento de ferramentas.....	34
4.2.5. Resumo dos problemas existentes e das ações de melhoria para a sua resolução 34	
5. Projetos.....	35
5.1. Projeto de organização do heliporto.....	35
5.1.1. O modelo de 4 corredores.....	35
5.1.2. Os modelos de 3 e de 2 corredores.....	36

5.1.3.	O modelo de corredor com 3,5 m e com largo para movimentação de grua	38
5.1.4.	O modelo de corredor de 9 m para movimentação de grua.....	41
5.1.5.	Comparação dos vários modelos estudados .....	51
5.1.6.	Rastreamento de ferramentas.....	52
5.2.	Projeto de definição dos pinos das paletes de platinas .....	55
5.2.1.	Material de geometria dos pinos.....	56
5.2.2.	Exoesqueletos .....	69
5.2.3.	Alternativas à redução de massa dos pinos e à utilização de exoesqueletos	72
5.2.4.	Balanço das soluções .....	73
5.3.	Projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas .....	74
5.4.	Projeto de conceção de <i>layouts</i> para locais de armazenamento de ferramentas	77
6.	Conclusões.....	80
7.	Propostas de trabalho futuro.....	82
	Referências bibliográficas .....	83
	Apêndices .....	87
	Apêndice A – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 3,5 m mais largo .....	87
	Apêndice B – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 9 m (empilhamento a 6 e 2 níveis).....	87
	Apêndice C – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 9 m (empilhamento a 8 e 3 níveis).....	87
	Apêndice D – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 9 m (empilhamento a 10 e 3 níveis).....	88
	Apêndice E – Cálculo da massa do pino em utilização atualmente .....	89
	Apêndice F – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca ( $t = 2$ mm) em aço ST37 + maciço interior em teflon e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37 .....	90
	Apêndice G – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica maciça em nylon 66 e parte inf. de secção octogonal maciça em nylon 66.....	92
	Apêndice H – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca ( $t = 3$ mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal maciça em Al 2024-t3; e do pino de	

parte sup. cilíndrica oca (t = 5 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal maciça em Al 2024-t3 .....	93
Apêndice I – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 7 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 5 mm) em Al 2024-t3 .....	96
Apêndice J – Cálculo da massa do pino de parte sup. de secção triangular oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37.....	98
Apêndice K – Cálculo da massa do pino de parte sup. de secção oval oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 10 mm) em aço ST37 .....	100
Apêndice L – Cálculo da massa do pino de parte sup. de secção octogonal oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37; e do pino de parte sup. de secção octogonal oca (t = 3 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37.....	102
Apêndice M – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 14 mm) em aço ST37; e de parte sup. cilíndrica oca (t = 3 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 14 mm) em aço ST37.....	104
Apêndice N – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 3 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 5 mm) em aço ST37.....	106
Apêndice O – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 5 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 10 mm) em aço ST37 .....	108

## Índice de figuras

Figura 1 - Fotografia aérea do complexo da Volkswagen Autoeuropa. ....	4
Figura 2 - Fotografia do modelo T-Roc.....	5
Figura 3 - Fotografia do modelo Sharan (2021). ....	5
Figura 4 - Organograma da fábrica Autoeuropa.....	6
Figura 5 - Esquema da linha de produção da área de prensas. ....	6
Figura 6 - Fotografia das bobines (ou coils) após terem dado entrada na fábrica. ....	7
Figura 7 - (a)(b) Fotografia de exemplo de platinas obtidas a partir de máquina que utiliza ferramentas para o corte. (c) Fotografia de exemplo de platinas obtidas a partir de máquina que utiliza facas para o corte. ....	7
Figura 8 - Fotografia do final de linha de uma máquina de prensagem (zona de inspeção visual). ....	8
Figura 9 - Esquema da linha de produção da área de carroçarias.....	9
Figura 10 - Fotografia das carroçarias já com os laterais e cavas das rodas traseiras colocados. ....	10
Figura 11 - Fotografia da montagem das portas na carroçaria. ....	10
Figura 12 - Esquema da linha de produção da área de pintura.....	11
Figura 13 - Fotografia do momento em que a carroçaria mergulha no primeiro tanque (área pintura).....	12
Figura 14 - Esquema da linha de produção da área de montagem final.....	13
Figura 15 - Fotografia da colocação de cablagens. ....	13
Figura 16 – Representação esquemática dos quatro elementos habilitadores da melhoria contínua (adaptado de [2]). ....	15
Figura 17 - Imagem representativa dos desperdícios a eliminar pela Gestão Lean (adaptado de [6]). ....	16
Figura 18 – Imagem representativa do modelo Kaizen (adaptado de [10]). ....	17
Figura 19 - Imagem representativa das fases do Ciclo PDCA (adaptado de [12]).....	18

Figura 20 – Imagem representativa das cinco fases da metodologia 5S (adaptado de [15]). .....	19
Figura 21 – Imagem representativa das cinco ferramentas do método Seis Sigma (adaptado de [17]). .....	20
Figura 22 - Imagem representativa dos oito pilares da ferramenta TPM (adaptado de [25]). .....	21
Figura 23 - Imagem representativa de um quadro Kanban (adaptado de [28]). .....	22
Figura 24 - Imagem representativa de uma folha do método A3, na aplicação do mesmo (adaptado de [30])......	23
Figura 25 - Cronograma representativo do período do estágio. ....	25
Figura 26 - Organograma da área de prensas (com maior destaque para a secção de planeamento). .....	26
Figura 27 - Fotografia da vista aérea da Volkswagen Autoeuropa com identificação do heliporto.....	27
Figura 28 - Fotografia da vista aérea do heliporto com dimensões.....	28
Figura 29 - Fotografia de um dos tipos de ferramentas de moldagem. ....	28
Figura 30 - Fotografia do pino utilizado nas paletes para travar as platinas já cortadas. ....	29
Figura 31 - (a) Fotografia de uma das mesas das prensas. (b) Fotografia dos pinos das mesas das prensas.....	30
Figura 32 - (a) Método utilizado ao momento para a movimentação dos pinos das mesas das prensas. (b) Mecanismo utilizado atualmente para a movimentação dos pinos das mesas das prensas. ....	30
Figura 33 - Fotografia dos munhões das ferramentas de maior dimensão. ....	32
Figura 34 - Fotografia dos munhões das ferramentas de menor dimensão. ....	32
Figura 35 - Esquema representativo das dimensões entre ferramentas nos espaços de armazenamento presentes no interior da fábrica. ....	33
Figura 36 - Representação esquemática do layout do heliporto com 4 corredores. ....	36
Figura 37 - (a) Representação esquemática do layout do heliporto com 3 corredores. (b) Fotografia da maquete construída para o modelo de 3 corredores. ....	37

Figura 38 - (a) Representação esquemática do layout do heliporto com 2 corredores. (b) Fotografia da maquete construída para o modelo de 2 corredores. ....	37
Figura 39 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 3,5 m de largura e um largo para a operação da grua. ....	38
Figura 40 – (a) Esquema de ferramenta desmontável em 3 ferramentas de 10 t e 2 placas 10 t. (b) Fotografia de ferramenta desmontável em 3 ferramentas de 10 t e 2 placas 10 t. ....	39
Figura 41 - Figura de representação do empilhamento de 2 ferramentas. ....	39
Figura 42 - Figura de representação do empilhamento de 6 placas. ....	39
Figura 43 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 3,5 m de largura e um largo para a operação da grua. com definição da lotação de cada secção. ....	40
Figura 44 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura. ....	42
Figura 45 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (1º estudo). ....	42
Figura 46 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (2º estudo). ....	43
Figura 47 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (3º estudo). ....	44
Figura 48 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (4º estudo). ....	45
Figura 49 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (5º estudo). ....	46
Figura 50 - Esquema com movimentações entre os vários espaços, com identificação da área ganha ou a ocupar em cada local. ....	47
Figura 51 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com movimentos a ocorrer. ....	48
Figura 52 - Imagem da listagem correspondente às ferramentas das máquinas de prensagem que serão transferidas do armazém norte para o heliporto. ....	49

Figura 53 - Imagem da listagem correspondente às ferramentas das máquinas de corte que serão transferidas do armazém norte para o heliporto. ....	50
Figura 54 - Fotografia de um exemplo de um leitor de código de barras. ....	53
Figura 55 - Fotografia do código de barras utilizado no sistema de rastreamento (presente noutra espaço da fábrica). ....	54
Figura 56 - Representação esquemática da geometria do pino utilizado nas paletes para travamento das platinas já cortadas. ....	55
Figura 57 – (a) Representação esquemática da vista de frente do pino com $t=5$ mm atualmente em utilização. ....	56
Figura 58 – (a) Representação esquemática do pino de parte superior cilíndrica com uma espessura exterior em aço ST37 e interior em maciço de teflon e parte inferior octogonal em aço ST37. (b) Representação esquemática da vista de cima da secção da parte superior do pino ( $t=2$ mm).....	58
Figura 59 - Representação esquemática do modelo em nylon 66 com parte superior cilíndrica maciça/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	59
Figura 60 - Representação esquemática do modelo em Al 2024-T3 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 3$ mm)/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	60
Figura 61 - Esquema de representação do local do pino solicitado pelas cargas aplicadas. ....	60
Figura 62 - Figura 46 - Representação esquemática do modelo em Al 2024-T3 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 7$ mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 5$ mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	61
Figura 63 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior triangular oca ( $t = 5$ mm)/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	62
Figura 64 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior de secção oval oca ( $t = 5$ mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 10$ mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	63

Figura 65 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior de secção octogonal oca ( $t = 5 \text{ mm}$ )/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	63
Figura 66 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior de secção octogonal oca ( $t = 3 \text{ mm}$ )/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	64
Figura 67 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 5 \text{ mm}$ )/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 14 \text{ mm}$ ): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	65
Figura 68 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 3 \text{ mm}$ )/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 14 \text{ mm}$ ): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	65
Figura 69 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 3 \text{ mm}$ )/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 5 \text{ mm}$ ): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	66
Figura 70 - Representação esquemática do modelo com parte superior cilíndrica oca ( $t = 5 \text{ mm}$ ) em Al 2024-T3/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 10 \text{ mm}$ ) em aço ST37: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior. ....	67
Figura 71 - Representação esquemática do pino de parte superior cilíndrica oca ( $t = 5 \text{ mm}$ ) em Al 2024-T3 e parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 10 \text{ mm}$ ) em aço ST37.....	67
Figura 72 - Fotografia exoesqueleto para ombros da marca Ottobock em utilização. ....	70
Figura 73 - Fotografia do exoesqueleto luva Nuada.....	71
Figura 74 - Fotografia do suporte de arrumação dos pinos das paletes.....	72
Figura 75 - Manipulador Indeva L80CL. ....	74
Figura 76 – (a) Representação esquemática do manipulador Indeva L80CL. (b) Tabela de especificações do manipulador Indeva L80CL. ....	75
Figura 77 - Fotografia do adaptador criado para permitir a ligação entre o manipulador e os pinos.....	75
Figura 78 - Fotografia do adaptador acoplado ao braço do manipulador.....	76
Figura 79 - Representação esquemática do primeiro layout criado para o parque exterior. ....	78

Figura 80 - Representação esquemática do segundo layout criado para o parque exterior. 79

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Problemas e ações de melhoria de cada um dos projetos.....	34
Tabela 2 - Percentagens de ocupação inicial e após os movimentos, por local de armazenamento.....	49
Tabela 3 - Comparação entre os modelos estudados para o heliporto.....	51
Tabela 4 - Características dos materiais utilizados nos pinos. ....	57
Tabela 5 - Resumo dos modelos estudados comparando-os com o modelo em utilização atualmente (sem considerar o custo de fabrico). ....	68
Tabela 6 - Identificação dos pontos abordados nas reuniões com o especialista de ergonomia. ....	71



# 1. Introdução

O presente relatório tem como objetivo descrever o estágio realizado na fábrica Volkswagen Autoeuropa, mais especificamente na área de prensas, tendo tido uma duração de seis meses e decorrido entre outubro de 2022 e abril de 2023. Foi escolhida esta metodologia para trabalho de fim de curso (estágio), pois achou-se que seria a que possuía maior aplicação prática e a que apresentava maior proximidade do mercado de trabalho, ajudando assim a ter uma maior ideia de como é o mesmo e ajudando a aplicar diversos conhecimentos obtidos ao longo do curso.

A empresa deparava-se com três problemas que precisavam de resolução e sendo que necessitavam de ajuda na resolução dos mesmos, surgiu assim a possibilidade de realizar um estágio. Neste sentido, o objetivo global do trabalho seria a implementação de projetos de melhoria de processos de fabrico na Volkswagen Autoeuropa. Os mesmos focar-se-iam na implementação de melhorias na área da logística e na área dos esforços em movimentos de equipamentos por parte dos operadores. No decorrer do estágio, foi iniciado um outro projeto de melhoria, que também se focava na área da logística.

O primeiro projeto inserido na área da logística, relacionava-se com a organização de um determinado local, denominado heliporto, sendo este utilizado para o armazenamento de moldes de chapas (chamados internamente de ferramentas de platinas). Neste existiria o problema de falta de otimização do espaço e inexistentes distâncias de segurança entre ferramentas, sendo que com o objetivo de se solucionar o problema seria definido um *layout* que faria com que a movimentação de ferramentas fosse efetuada de forma segura e produtiva.

Relativamente aos projetos de melhoria centrados na área de esforços, foram propostos dois temas. Um deles que teria como intuito resolver o problema existente do excesso de massa dos pinos das paletes de platinas, pensando-se sobre que material e/ou geometria se poderiam utilizar nos pinos, de modo a reduzir a sua massa, mantendo a resistência dos mesmos aos esforços a que se encontram sujeitos. O outro projeto pertencente à área de esforços, focou-se no esforço exercido no movimento de colocação/retirada dos pinos das mesas das prensas (onde as ferramentas serão montadas) por parte dos operadores. Sendo que é necessário movimentar estes pinos cada vez que se troca de ferramenta, pensou-se, para solucionar este problema, na possível utilização de um mecanismo já existente na fábrica (um manipulador), de modo a que se conseguisse aligeirar o esforço referido.

Posteriormente, tal como referido anteriormente, foi sugerido realizar-se mais um projeto de melhoria presente na área da logística (ou organização), pois tratou-se de um projeto de conceção de *layouts* para outros parques de armazenamento de ferramentas da fábrica. Estes *layouts*, seriam referentes aos espaços onde se armazenam as ferramentas de cada máquina de prensagem (próximos das mesmas), sendo o problema a falta de otimização destes locais. De modo a se encontrar uma solução, os *layouts* teriam de ser realizados, com o objetivo de se obter o melhor aproveitamento de espaço possível e ao mesmo tempo permitir uma boa produtividade na hora de efetuar as trocas de ferramenta das máquinas.

Uma vez apresentada a Introdução, este trabalho é composto por mais seis capítulos. Nos capítulos a baixo será efetuada uma descrição da Volkswagen Autoeuropa, dando a conhecer todos os processos realizados em cada área e também a sua história enquanto empresa. Será também apresentado um capítulo de revisão de literatura onde se explora a “Melhoria Contínua”, tratando-se este do tema central dos projetos de melhoria propostos pela empresa para o estágio. De seguida, existirá um capítulo de apresentação do estágio, onde se descreverá os problemas existentes, que necessitariam de solução, bem como as melhorias apresentadas para os solucionar. Posteriormente, serão definidos e descritos os projetos de melhoria referidos nos parágrafos anteriores, dando a conhecer todas as iterações realizadas e obstáculos encontrados durante o desenvolvimento dos mesmos. Por fim, será apresentado um capítulo destinado às conclusões que se retiraram dos projetos de melhoria realizados e de todos os aspetos inerentes ao estágio, bem como um capítulo onde se apresentam propostas de trabalho futuro.

## **2. Apresentação da empresa**

O presente capítulo destina-se à descrição da empresa, desde a sua história até ao processo das linhas de produção da fábrica Autoeuropa. Em concreto, abordam-se aspetos como o ano de criação da marca Volkswagen e o seu crescimento, bem como a forma como a construção da primeira fábrica influenciou toda a zona em redor da mesma. Nesta descrição é também abordada a fábrica portuguesa da marca, referindo as suas características e volumes de produção. Será apresentado um subcapítulo referente às linhas de produção, descrevendo-se todo o processo de criação de um automóvel, desde a criação das peças com material proveniente de fornecedores, passando pela montagem e pintura até se obter veículo finalizado.

### **2.1. Descrição geral da empresa**

A marca Volkswagen teve a sua criação no ano de 1937 e viu as suas primeiras unidades automóveis serem produzidas na cidade de Estugarda. No ano seguinte, construiu-se uma fábrica na cidade de Fallersleben, sendo que esta viria a ser a sede da empresa e a maior fábrica da marca até ao momento, com uma área de 6,5 milhões de metros quadrados. Com a construção da fábrica e seu crescimento, várias pequenas localidades ao redor da mesma acabaram por se juntar e formar uma só, tornando-se esta, na cidade que nos dias de hoje tem o nome de Wolfsburg. Ao longo dos anos, a marca foi construindo diversas fábricas pelo mundo, contando, de momento, com um total de 14 fábricas dispostas por 14 países, sendo uma delas a fábrica portuguesa Autoeuropa.

O complexo da Volkswagen Autoeuropa (figura 1) situa-se na Quinta da Marquesa, mais especificamente na localidade de Quinta do Anjo (Palmela) e apresenta uma área de cerca de dois milhões de metros quadrados, estando incluído neste valor a área da fábrica e a área do parque de fornecedores.



*Figura 1 - Fotografia aérea do complexo da Volkswagen Autoeuropa.*

Apresenta, na sua constituição, aproximadamente 5000 funcionários, que permitem produzir cerca de 900 automóveis por dia. Representando este valor cerca de 230.000 automóveis/ano, valor este pertencente ao último ano contabilizado (2022). Para o ano com maior quantidade de produção (2019), foram produzidos 254.600 automóveis, tendo representado este valor 75 % da produção automóvel nacional. Neste mesmo ano, a empresa atingiu um lucro de 46 milhões de euros, tendo este sido categorizado como um valor baixo devido ao facto de o volume de negócios ser de 3,7 mil milhões de euros. A Autoeuropa vê praticamente toda a sua produção de automóveis ser exportada, pois somente 0,8 % dos veículos ficam em Portugal, sendo os maiores importadores a Alemanha (24,9 %), Itália (14,3 %) e Reino Unido (9,3 %).

Ao momento, existe em produção na Autoeuropa somente um modelo denominado por “T-Roc” (figura 2), tendo sido o seu início de produção no ano de 2017. Até 2022, também se encontrava a ser produzido o modelo “Sharan” (figura 3), tendo este visto o seu término nesse ano, pondo fim a um período de 27 anos de produção deste modelo na fábrica portuguesa (1995-2022).



*Figura 2 - Fotografia do modelo T-Roc.*



*Figura 3 - Fotografia do modelo Sharan (2021).*

Conforme se ilustra na figura 4, o setor de produção da Autoeuropa é dividido em quatro grandes áreas por onde é efetuado todo o desenvolvimento do automóvel, desde a entrada do metal, para a criação de peças, até à saída do veículo totalmente finalizado. O processo de produção do automóvel inicia-se na área de prensas, onde se criam as peças, passando de seguida para a área de carroçarias, sendo que, após estas estarem concluídas, irão viajar para a área de pintura, indo as carroçarias já pintadas, por fim, para a área de montagem final, concluindo assim a produção do veículo.

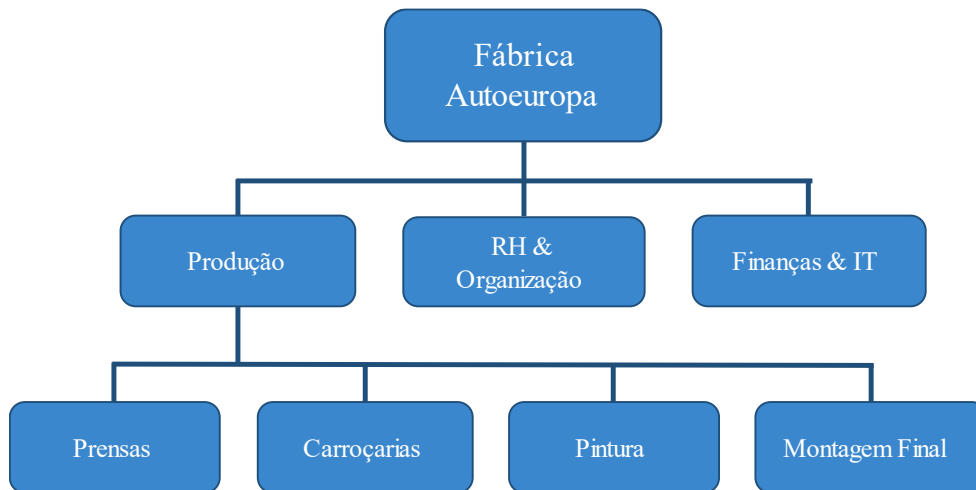


Figura 4 - Organograma da fábrica Autoeuropa.

## 2.2. Linha de produção

A primeira área de produção é a de prensas (ou *Press Shop*), onde se inicia o processo de fabrico. A figura 5 reflete o esquema da linha de produção desta área.

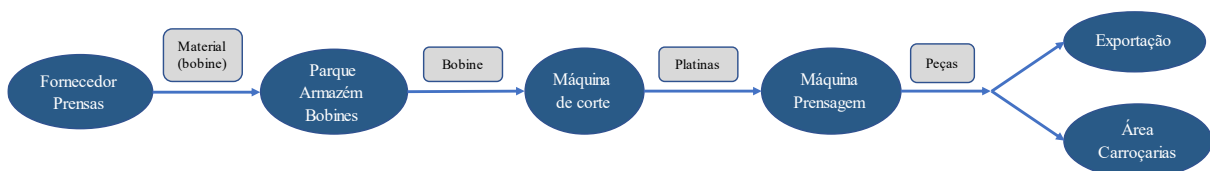


Figura 5 - Esquema da linha de produção da área de prensas.

É, nesta área, que se dá a receção do material em formato de bobines (designadas na fábrica de *coils*) (figura 6), sendo posteriormente cortado, obtendo-se chapas (designadas na fábrica de *platinas*), e trabalhado (moldado) nas máquinas de corte e prensagem, respetivamente. As platinas, após obtidas, poderão ter linhas mais direitas, se forem cortadas por uma máquina que utiliza facas para o corte, ou ter linhas mais complexas, se forem cortadas por máquinas que utilizam ferramentas de corte (semelhantes às de moldagem das prensas) (figura 7).



Figura 6 - Fotografia das bobines (ou coils) após terem dado entrada na fábrica.

(a)



(b)



(c)



Figura 7 - (a)(b) Fotografia de exemplo de platinas obtidas a partir de máquina que utiliza ferramentas para o corte. (c) Fotografia de exemplo de platinas obtidas a partir de máquina que utiliza facas para o corte.

Com a obtenção das platinas, tem-se agora de realizar a moldagem das mesmas de modo a se obter as peças finais. Com isto, as platinas entrarão nas prensas de moldagem para se criar a forma pretendida. Após a prensagem, as mesmas sairão num tapete rolante até à estação onde são retiradas, sendo realizada uma inspeção visual enquanto se deslocam no mesmo (figura 8).



*Figura 8 - Fotografia do final de linha de uma máquina de prensagem (zona de inspeção visual).*

Todo este processo é planeado antecipadamente, tanto da parte de encomenda de bobines como do planeamento das peças a produzir. O mesmo, por vezes, poderá sofrer alterações devido a cancelamentos de entregas de bobines, por parte dos fornecedores, ou, até mesmo, por avarias das próprias máquinas de corte ou prensagem.

Após a conclusão das peças, parte destas (cerca de 35 %) irá passar para a área de carroçarias, onde as mesmas se irão conjugar para formar a carroçaria do automóvel. As restantes (cerca de 65 %) são peças de exportação, que irão viajar para outras fábricas do grupo e não só.

Na área de carroçarias, existe também uma série de fases que se terão de realizar (figura 9), sendo a primeira a criação do *chassis* do automóvel.

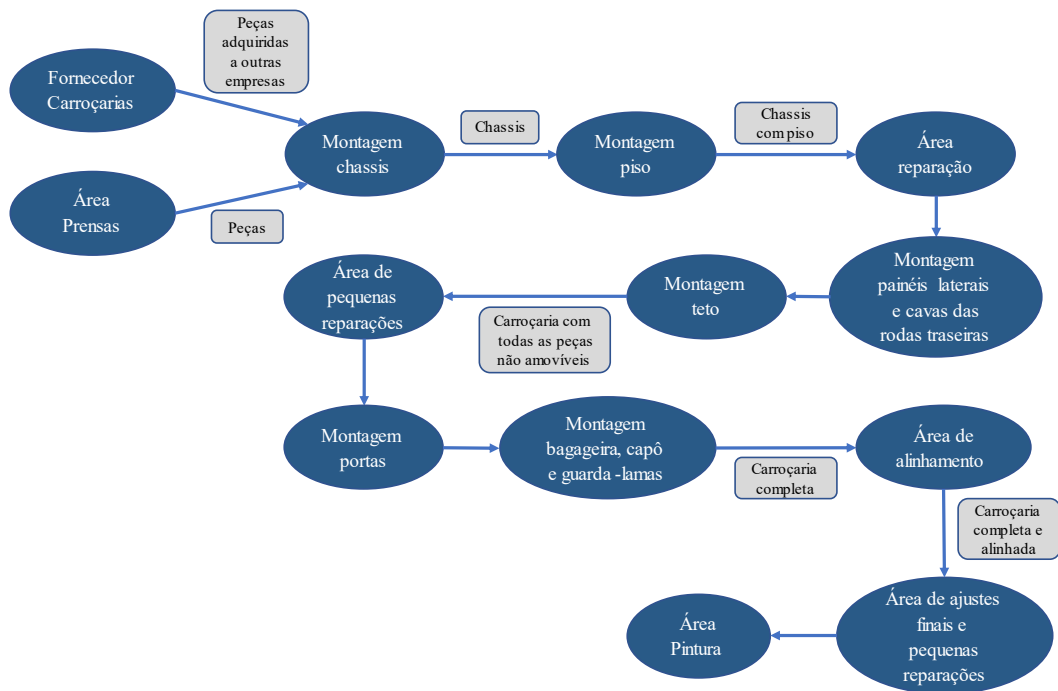


Figura 9 - Esquema da linha de produção da área de carroçarias.

Na conceção do chassis, são utilizados robôs para realizar soldadura por pontos, de modo a unir as peças constituintes ao *chassis*. De seguida, o *chassis* é transportado para a estação onde será colocado o piso do automóvel, sendo o mesmo transportado da estação anterior por um *conveyor* (mecanismo do tipo aranha que segura o chassis pela zona onde será colocado o teto). No passo seguinte, existe uma área de reparação, onde, como o próprio nome diz, são efetuadas reparações nas peças de carroçaria já montadas. Seguidamente, será trocado o modo de transporte da carroçaria, concretamente, esta será, agora, transportada por carril no chão e não por *conveyor*, devido ao facto de, neste passo, serem montados os laterais do veículo e as cavas das rodas traseiras (figura 10).



*Figura 10 - Fotografia das carroçarias já com os laterais e cavas das rodas traseiras colocados.*

No passo seguinte, será adicionado o teto do automóvel, ficando, assim, a carroçaria com todas as peças não desmontáveis montadas. Após isto, a carroçaria passará novamente por uma linha de reparação, para reparar pequenos defeitos que tenham aparecido. De seguida, já com a estrutura do automóvel completa, esta irá passar pelas fases onde serão montadas as peças “removíveis” (portas, bagageira, capô e guarda-lamas) (figura 11). Com isto, começa-se por montar as portas, sendo, antes destas, soldadas as dobradiças para a sua colocação.



*Figura 11 - Fotografia da montagem das portas na carroçaria.*

Posteriormente, serão então colocados a bagageira, o capô e os guarda-lamas. Com a carroçaria completa, esta seguirá para uma máquina de alinhamento, que possui umas barras que irão

incidir em locais específicos da carroçaria, de modo a efetuar um alinhamento de todas as peças que necessitem do mesmo. Por fim, de modo a concluir o percurso na área das carroçarias, existe uma zona que tem como objetivo efetuar ajustes finais e algumas reparações, até mesmo, reparações de peças que não foram possíveis reparar na área de prensas (ou seja, após terem sido produzidas).

Depois de efetuado este processo, a carroçaria irá transitar para a área de pintura, onde a mesma passará por vários tratamentos e fases, estando a sequência destes representada na figura 12.

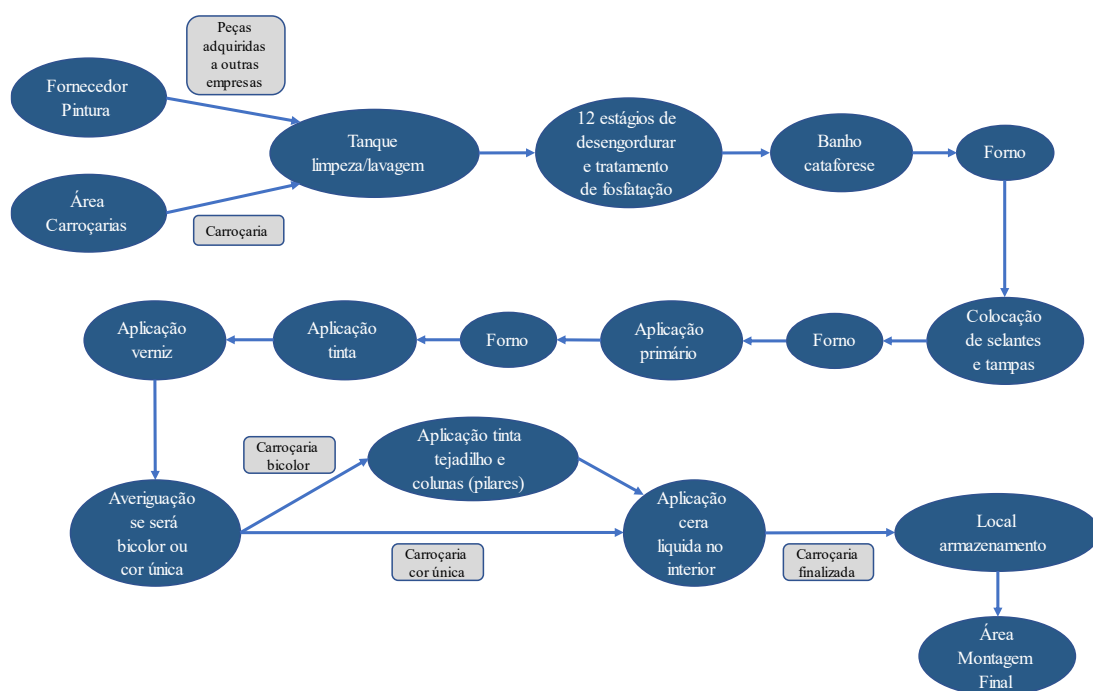


Figura 12 - Esquema da linha de produção da área de pintura.

Primeiramente, as carroçarias irão passar por um tanque onde é efetuada a limpeza/lavagem da mesma, utilizando jatos de água. De seguida, irão passar para uma segunda fase, que tem na sua constituição doze estágios (doze tanques) (figura 13), todos eles com o objetivo de desgordurar e dar tratamento de fosfatação às superfícies. O terceiro passo é onde se efetua o primeiro “banho”, onde as carroçarias são mergulhadas também dentro de um tanque, onde será descarregada uma corrente elétrica para fazer com que o tratamento se deposite mais eficientemente na carroçaria. Este passo é chamado de *eletrocoat* (banho de

cataforese) e tem uma duração de cerca de 180 s por carroçaria, deixando uma camada de cerca de 130  $\mu\text{m}$ . Também pode ser conhecido como “o tratamento que antecede o primário”, sendo que, caso este tratamento fique mal efetuado, a carroçaria em causa será automaticamente sucutada, pois, por mais que se tente reparar a carroçaria, no fim, seriam sempre visíveis as marcas.



*Figura 13 - Fotografia do momento em que a carroçaria mergulha no primeiro tanque (área pintura).*

De seguida, após a carroçaria passar por um forno para efetuar a secagem do banho, serão colocados selantes e diversas tampas, passando também, no próximo passo, novamente, por um forno. Na estação seguinte, será aplicada (recorrendo a robôs) a camada de primário, sendo que este poderá ter quatro cores: preto, branco, antracite e vermelho. Novamente, irá passar por um forno e avançará para a zona onde será aplicada a tinta. Esta terá uma espessura que será metade da aplicada na camada de primário. Já o verniz, que é a camada aplicada após a tinta, será a que terá maior espessura. O próximo passo trata-se de averiguar se o veículo será bicolor (ter o tejadilho e colunas das portas de uma cor e restantes partes de cor diferente) ou se terá somente uma cor. Se for bicolor, será, novamente, pintado no tejadilho e colunas, se não, prosseguirá o percurso da linha. De seguida, passará por uma estação onde todo o interior do carro levará cera líquida (a cerca de 100 °C), com o intuito de proteger, sendo esta aplicada novamente por robôs. Por fim, estando toda a carroçaria pronta a nível de pintura, esta seguirá para um local de armazenamento, ficando em espera para entrar na última área da linha.

A última área de fabrico/montagem do veículo, trata-se da área de montagem final, encontrando-se o seu processo representado na figura 14.

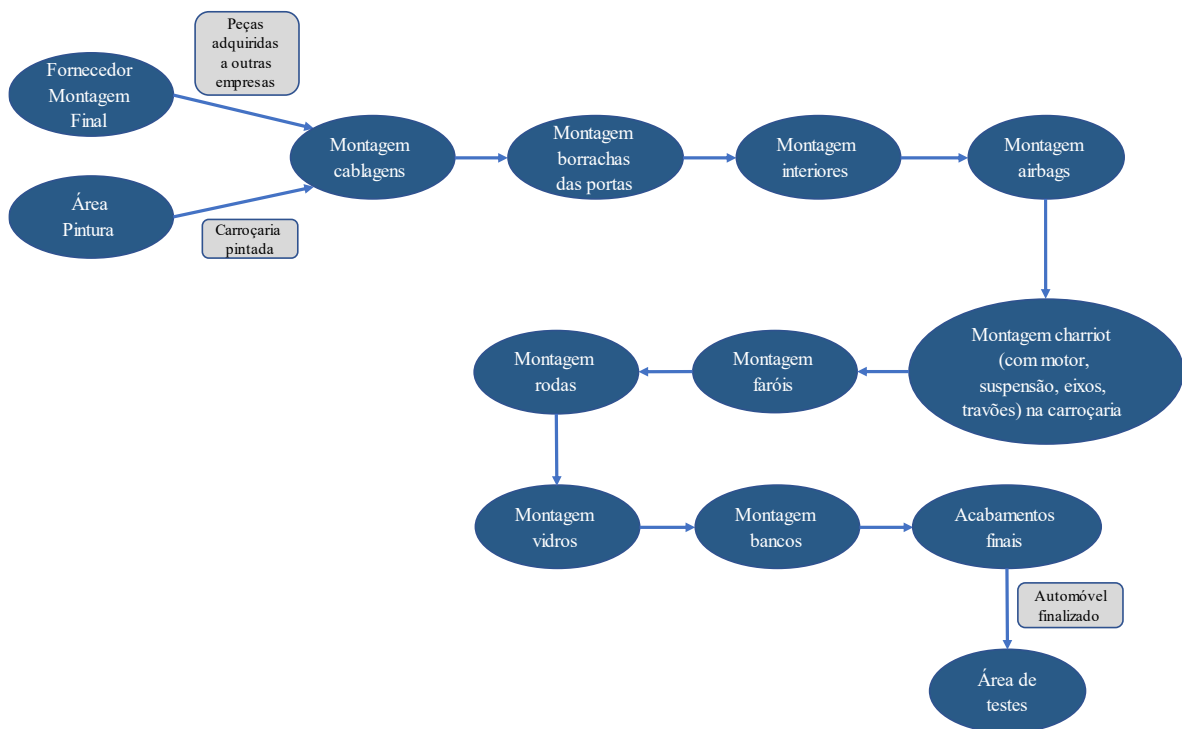


Figura 14 - Esquema da linha de produção da área de montagem final.

É, neste local, que todos os componentes tanto de estética (interiores e exteriores), mecânicos e elétricos são montados, desde o motor até à cablagem elétrica. É, precisamente, pela montagem desta última que começa o processo nesta área (figura 15).



Figura 15 - Fotografia da colocação de cablagens.

Após a colocação da cablagem, serão, então, colocadas as borrachas de isolamento das portas e os interiores. Com isto, passa-se para a colocação dos instrumentos de segurança passiva, os *airbags*. O próximo passo trata-se de efetuar a união entre a carroçaria e o *charriot*, dado que, aquando desta união, o *charriot* já se encontra com o motor, os eixos frontais e o sistema de travagem. Os faróis, os farolins, as rodas e os vidros serão colocados na etapa seguinte, ficando a faltar, de modo a todos os componentes exteriores estarem colocados, somente as portas que serão colocadas na estação seguinte. Por fim, serão colocados todos os bancos do automóvel e, de seguida serão efetuados os acabamentos finais, chegando-se, assim, ao fim da conceção do automóvel.

Todo este processo de conceção do veículo é acompanhado, naturalmente, por várias auditorias, sendo estas efetuadas no fim de cada uma das áreas, com a exceção da área de montagem final onde, apesar de ser feita uma auditoria no final da mesma, também são efetuadas outras mais no decorrer desta.

Por fim, com o automóvel completamente finalizado, este passará por diversos testes em estrada. Após isto, se o mesmo estiver conforme, a maior parte das unidades irão para o mercado externo ( $\approx 99\%$ ) e, somente uma parte residual, será destinada ao mercado interno ( $\approx 1\%$ ).

### 3. Revisão de literatura

A melhoria contínua tem como objetivo potenciar o aperfeiçoamento gradual da inovação ao longo do tempo, e isto é, de uma forma contínua. É utilizada para encontrar soluções para problemas e pode ser definida em três níveis distintos. O primeiro foca-se em manter os níveis de operação, ou seja, realizar somente um controlo. O segundo nível é utilizado para voltar a estabelecer a situação em causa no momento, resumidamente, trata-se de um método reativo. O terceiro e último nível, é o que se pode afirmar que irá implementar uma melhoria relativamente à situação existente num determinado momento, pois este destina-se ao aumento de desempenho, sendo considerado o nível proativo [1].

A melhoria contínua pode ser dividida em características individuais e em organizacionais. As primeiras características referem-se aos funcionários da organização, incidindo sobre as suas aptidões e as suas condutas e as segundas distinguem a estrutura e cultura da organização [1].

Conforme indica a figura 16, podem ser destacados quatro elementos habilitadores.

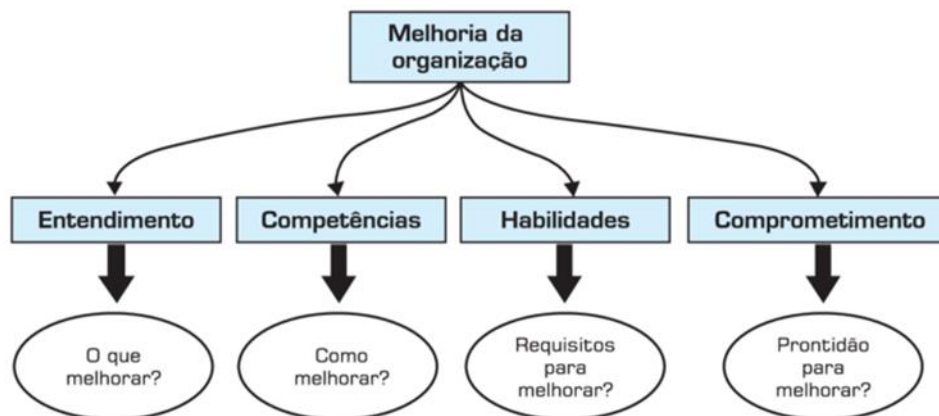


Figura 16 – Representação esquemática dos quatro elementos habilitadores da melhoria contínua (adaptado de [2]).

Estes são o “Entendimento” que, por sua vez, questiona “O que se pretende melhorar?”; as “Competências”, onde se refere como se pode melhorar; as “Habilidades”, que demonstra as condições necessárias para se efetuar a melhoria; e, por fim, o “Comprometimento”, onde se questiona se a empresa se encontra pronta para realizar uma determinada melhoria [1].

O elemento habilitador “Competências”, relativamente à vertente organizacional irá definir se a empresa apresenta alguma superioridade competitiva relativamente a outras organizações. No que respeita ao domínio das pessoas, este elemento habilitador tem como objetivo aumentar a economia da organização e o prestígio dos funcionários, a partir do conhecimento dos mesmos. Para que todos estes valores sejam alcançados, a empresa terá de apresentar um pensamento virado para a aprendizagem contínua [1].

A Gestão *Lean*, apresenta como objetivo a eliminação de certos fatores considerados “lixo” (desperdícios) (figura 17), sendo estes, a produção excessiva, o tempo livre (em espera), o transporte, o processo desnecessário, excesso da quantidade de produtos em *stock*, movimentos desnecessários, produtos com defeitos e desperdício das competências dos operadores. Quando se procede à aplicação desta técnica, ter-se-á um processo mais produtivo, com menos custos e com menos recursos humanos, pois deixam-se de ter fatores desnecessários que prejudicam o mesmo [3]. Os produtos irão obter um aumento de qualidade, e as entregas dos mesmos passarão a ser feitas sem atrasos, devido ao facto, de com a aplicação da Gestão *Lean*, se reduzir o período do ciclo de todo o processo [4]. Esta metodologia permite também a melhoria de relação entre os fornecedores e os clientes, aumentando a confiança entre ambos [4,5].



Figura 17 - Imagem representativa dos desperdícios a eliminar pela Gestão *Lean* (adaptado de [6]).

Um modelo de melhoria contínua muito utilizado é o modelo *Kaizen*, cujas etapas elementares se encontram ilustradas na figura 18. Este recorre a melhorias de pequena dimensão, sendo que, ao fim de um certo tempo, fazem notar melhores resultados [1,7], fazendo notar que muitas pequenas melhorias são mais facilmente implementáveis do que poucas grandes melhorias [8]. Também é conhecido por envolver os diferentes níveis hierárquicos. Este modelo permite que os funcionários estejam mais motivados, pois ficam com mais autonomia para incluírem estas melhorias no seu dia-a-dia de trabalho [1]. Ter-se uma boa gestão visual dos projetos, um gestor dedicado e funcionários que estão dispostos a aprender, são os pontos chave para a metodologia *Kaizen* ser bem aplicada [7]. A ferramenta *Kaizen*, tem como objetivo oferecer ao cliente a maior satisfação possível, cumprindo os fatores qualidade, custo e potencial humano [9].



Figura 18 – Imagem representativa do modelo Kaizen (adaptado de [10]).

Na aplicação da metodologia *Kaizen*, é usualmente aplicada uma ferramenta chamada Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (figura 19). A fase Planear tem como objetivo identificar o problema existente e planear uma forma de o resolver. Na fase seguinte, a fase Executar, será implementado o plano criado na fase anterior, com o intuito de se solucionar o problema. De seguida, irá observar-se se o plano foi bem implementado e se os resultados obtidos foram os expectados, sendo esta a fase Verificar. Por fim, aplicar-se-á a fase Agir, onde, caso os resultados não tenham sido os esperados, se aplicam determinadas ações, de modo a que estes resultados não voltem a surgir [11].

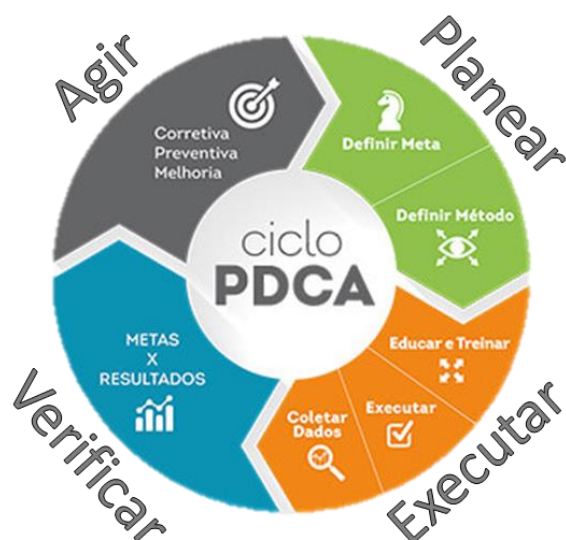


Figura 19 - Imagem representativa das fases do Ciclo PDCA (adaptado de [12]).

Um método também muito utilizado para a melhoria contínua é o método 5S. Este, ao ser aplicado, tem como objetivo maximizar a produtividade de um certo local, a partir da organização do mesmo (normalmente locais de trabalho) [13,14]. A figura 20, mostra que na sua implementação, estão incluídas cinco fases. A primeira fase (Organizar), trata-se de uma identificação seguida de uma remoção de tudo o que não é necessário ao local em causa, mantendo assim só o essencial. A segunda fase (Colocar em ordem), tem como objetivo a organização do local e dos itens que restaram após a retirada dos não essenciais, de modo que, aquando da utilização de um certo objeto, este tenha definido o local onde voltará a ser armazenado. Para que o espaço se mantenha organizado, é também necessário que este se mantenha limpo e higienizado, sendo, precisamente isto, o que define a terceira fase de aplicação do 5S. Assim, segue-se a quarta fase, designada por “Padronizar”, que é aplicada de modo a que o método passe a ser recorrente, fazendo com que o mesmo não seja interrompido. Por fim, fica em falta somente a fase de manter o que foi adotado, com o intuito de não se voltar à situação organizacional existente antes da aplicação da metodologia 5S [13].



Figura 20 – Imagem representativa das cinco fases da metodologia 5S (adaptado de [15]).

A introdução desta ferramenta de melhoria contínua numa organização, é capaz de promover um trabalho mais fluido e, como consequência, maior produtividade, tal como referido anteriormente, devido a ter-se um espaço com uma melhor organização. É capaz também de, por sua vez, melhorar a qualidade dos seus serviços, ou, se for o caso, dos seus produtos, conseguindo também fazer com que os custos da organização se reduzam [13].

Algo a ter em atenção quando há a pretensão de aplicar a ferramenta 5S, são os conceitos a alterar. Estes são, em termos gerais, conceitos a nível dos trabalhadores e a nível do ambiente de trabalho [14].

Apesar do princípio ser o mesmo, esta ferramenta de melhoria contínua tem um significado ligeiramente diferente em alguns países. No Reino Unido e nos Estados Unidos da América, é considerada uma ferramenta para a organização do local de trabalho, enquanto que, no Japão, é definida como sendo virada para a excelência da organização [16].

A par das metodologias anteriores, existe também a filosofia “Seis Sigma”. Esta, apresenta como objetivo maior, a retirada do processo de todos os desperdícios e de tudo o que não acrescenta valor ao mesmo. Promove, igualmente, uma redução de defeitos e não-conformidades, dado potenciar a eliminação das causas dos problemas de qualidade. Por consequência, a produtividade do processo também irá aumentar. Relativamente a um produto, tendo este a aplicação da metodologia Seis Sigma, pode-se afirmar que a probabilidade deste vir a ter uma falha, aquando da sua produção, é muito baixa [13].

Para que a metodologia Seis Sigma seja implementada de forma correta, esta exige, por sua vez, que sejam aplicadas cinco ferramentas cruciais, conforme se ilustra na figura 21.



Figura 21 – Imagem representativa das cinco ferramentas do método Seis Sigma (adaptado de [17]).

A ferramenta Definir é a primeira a ser aplicada, tendo como função definir a situação existente, o problema [18]. Para esta definição terão de ser aplicadas três fases, a fase onde se constata qual é o problema, a fase de identificação do objetivo do projeto e, por fim, a fase onde se analisam os requisitos definidos pelo cliente, de modo que o seu nível de satisfação venha a ser o maior possível [19]. Posteriormente, procede-se à aplicação da ferramenta Medir, sendo que esta passa por realizar uma medição da situação presente [18]. Esta ferramenta também apresenta dois passos para ser aplicada de forma correta. Estes são, em concreto, o mapeamento do processo, onde toda a evolução é registada, acompanhando-se, tal como o nome diz, todo o processo, sendo o segundo passo a recolha e tratamento dos dados obtidos. A ferramenta Analisar será a seguinte a ser aplicada, sendo nesta onde existe a descrição pormenorizada do porquê de existir o problema (causas do problema). De seguida, aplicar-se-á a ferramenta Melhorar, é onde se põe, efetivamente, em prática a melhoria, resolvendo-se o problema. Por fim, existirá a fase de controlo (ferramenta Controlo), destinada a controlar a melhoria aplicada na fase anterior [19].

Outra ferramenta utilizada para implementar melhorias, é a *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total. A palavra *Total*, representa que está envolvida toda a organização desde o operador até ao gestor da mesma. *Productive*, representa a produtividade máxima, onde não existem desperdícios, sendo estes de atividades ou de

produção. Relativamente à palavra *Maintenance*, esta pretende definir que as instalações e seu recheio têm de ser mantidos [20].

A ferramenta TPM, tem como objetivo principal o aumento da eficiência de um processo e a confiabilidade de um equipamento, reduzindo, por sua vez, o período inativo, de modo a aumentar a produtividade [21,22,23]. Para isto acontecer, com o intuito de não existirem nem acidentes, nem defeitos, esta ferramenta envolve os operadores no processo de implementação da mesma, de forma que, pretende que tanto os operadores como os funcionários de manutenção realizem a ação de manutenção [23,24]. A ferramenta TPM é diversas vezes associada à, também ferramenta de melhoria contínua, 6 Sigma, pois a primeira aborda a mesma metodologia da segunda [23]. Os oito pilares que descrevem a TPM podem ser observados na figura 22.

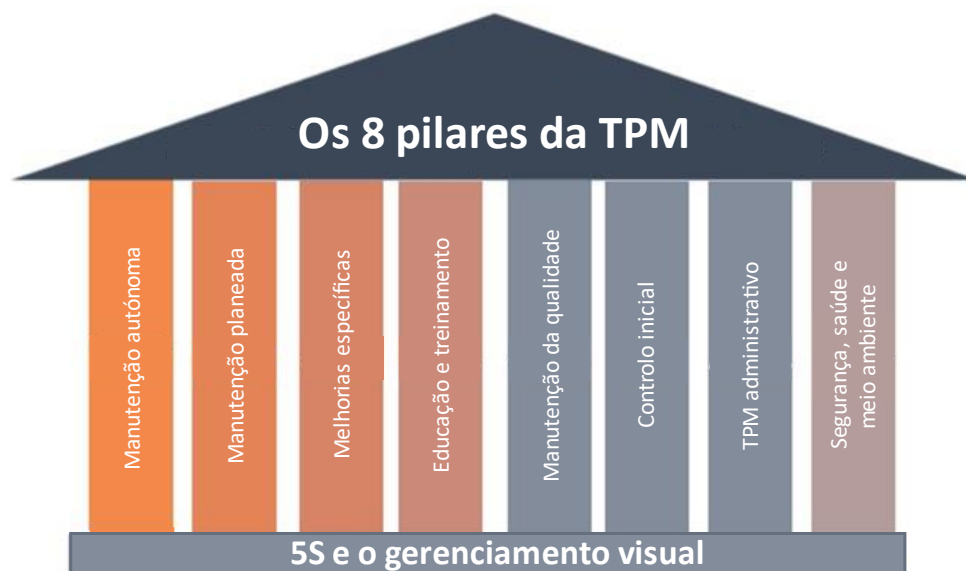


Figura 22 - Imagem representativa dos oito pilares da ferramenta TPM (adaptado de [25]).

Devido ao facto desta ferramenta apostar, por exemplo, na utilização de quantidade reduzida de material, na baixa criação de lixo e na baixa emissão de gases tóxicos, é possível afirmar, que a mesma está diretamente relacionada com o processo de sustentabilidade [23].

Além das ferramentas anteriormente referidas, existe também a ferramenta *Kanban*. Esta, a par das outras, tem como objetivo a implementação da melhoria contínua, incidindo no compromisso de que o processo produtivo não se atrasa, otimizando o mesmo. Na aplicação

desta ferramenta, podem ser utilizados diversos métodos, entre eles, o método da organização de produtos em caixas, sendo que aquando da retirada do produto, e ficando a caixa vazia, esta voltará novamente a ser abastecida. Outro método utilizado (o mais utilizado), é chamado quadro *Kanban*. Este é dividido, usualmente, em três colunas (pode ter mais), sendo uma para identificar as atividades a realizar, uma outra onde são apresentadas as que se encontram a decorrer, e uma última que apresenta as terminadas ou concluídas [26,27]. Na figura 23 é possível visualizar um exemplo de um quadro *Kanban*.

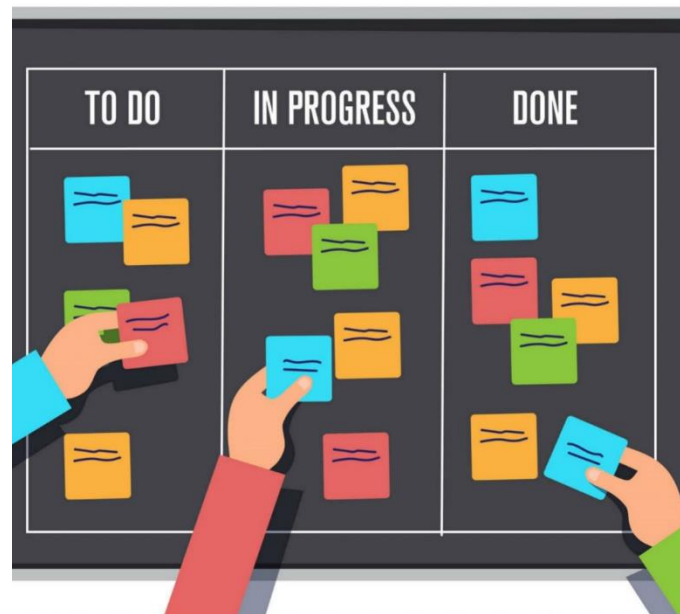


Figura 23 - Imagem representativa de um quadro *Kanban* (adaptado de [28]).

Uma outra ferramenta, também por vezes utilizada, é a ferramenta A3. Na aplicação desta, tal como o próprio nome diz, é utilizada uma folha de papel A3 (figura 24), com o intuito de resolver um problema existente, de modo a realizar uma melhoria. Este método encontra-se diretamente relacionado com o Ciclo PDCA (referido anteriormente), sendo a folha A3 dividida em duas zonas. A zona esquerda, destinada à definição do plano (*Plan*) e a zona direita, destinada à fase de executar, verificar e agir (ciclo PDCA). A folha, de modo a conseguir-se definir da melhor maneira o problema existente, poderá conter texto, diagramas, gráficos e imagens. Na mesma, é normalmente incluída a informação que descreve a importância do problema, a situação que levou a que o problema ocorresse, a situação que virá a existir no futuro (para não existir o problema), a causa que levou à existência dos sintomas do problema,

o plano de implementação e por fim, a definição de quando será analisado se o plano implementado está a resultar [29].

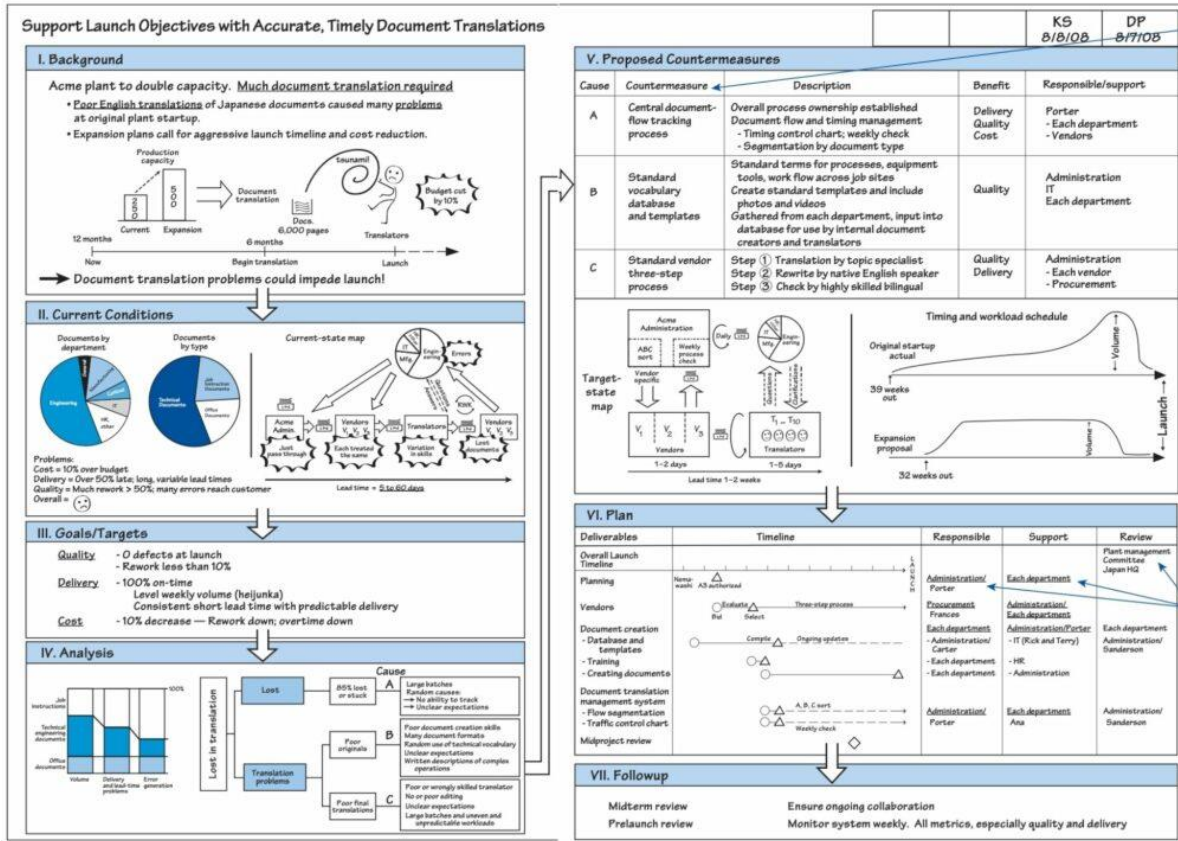


Figura 24 - Imagem representativa de uma folha do método A3, na aplicação do mesmo (adaptado de [30]).

## 4. Apresentação do estágio

O primeiro contacto com a empresa Autoeuropa, consistiu na realização de uma entrevista. Nesta entrevista foi apresentada a urgência de realização de três projetos de melhoria a serem realizados na área de prensas, sendo que a estes projetos juntar-se-ia mais tarde um outro sugerido pela empresa. Os projetos consistiriam na organização de um espaço de armazenamento de ferramentas (no espaço do heliporto, não utilizado para esse fim), na redução de massa dos pinos utilizados nas paletes para travamento de platinas, na identificação de um equipamento que possibilitasse a movimentação dos pinos pertencentes às mesas das prensas e na conceção de *layouts* para parques de armazenamento de ferramentas.

O estágio teve uma duração de seis meses, iniciando-se no dia 3 de outubro de 2022, com um horário diário das 7 h às 15 h 30, estando as atividades realizadas ao longo do tempo representadas no cronograma presente na figura 25. Estas atividades encontram-se separadas por projeto, de modo a ter-se uma identificação mais intuitiva. Relativamente aos períodos definidos no cronograma, estes representaram-se em quinzenas, sendo “1” e “2” a primeira e segunda quinzena de cada mês, respetivamente. A atividade “Escrita do documento” decorreu até ao mês de setembro, mas só se encontra representada até ao mês de abril, devido ao facto de esse ter sido o mês de fim do estágio.

Quinzenas		Mês													
		Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar		Abr	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Atividades	Apresentação da fábrica	■													
	<b>Projeto de organização do heliporto</b>														
	○ Reuniões sobre projeto de organização do heliporto			■			■		■	■			■	■	
	○ Reuniões sobre rastreamento de ferramentas											■	■	■	
	<b>Projeto de definição dos pinos das paletes de platinas</b>														
	○ Pesquisa dos materiais para os pinos de paletes	■													
	○ Realização dos cálculos da massa dos pinos de paletes		■	■	■										
	○ Reuniões sobre exoesqueletos									■		■			
	<b>Projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas</b>														
	○ Experimentação do manipulador e identificação do adaptador necessário criar para a junção manipulador/pino									■					
	○ Experimentação do conjunto manipulador + adaptador											■	■		
	<b>Projeto de conceção de layouts para locais de armazenamento de ferramentas</b>														
	○ Conceção de layouts													■	■
	Escrita do documento			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 25 - Cronograma representativo do período do estágio.

No referido dia deu-se então por iniciado o estágio, existindo com isto a integração na área em causa, passando inicialmente pela apresentação das instalações e dos respetivos colaboradores, podendo identificar-se os mesmos na figura 26.

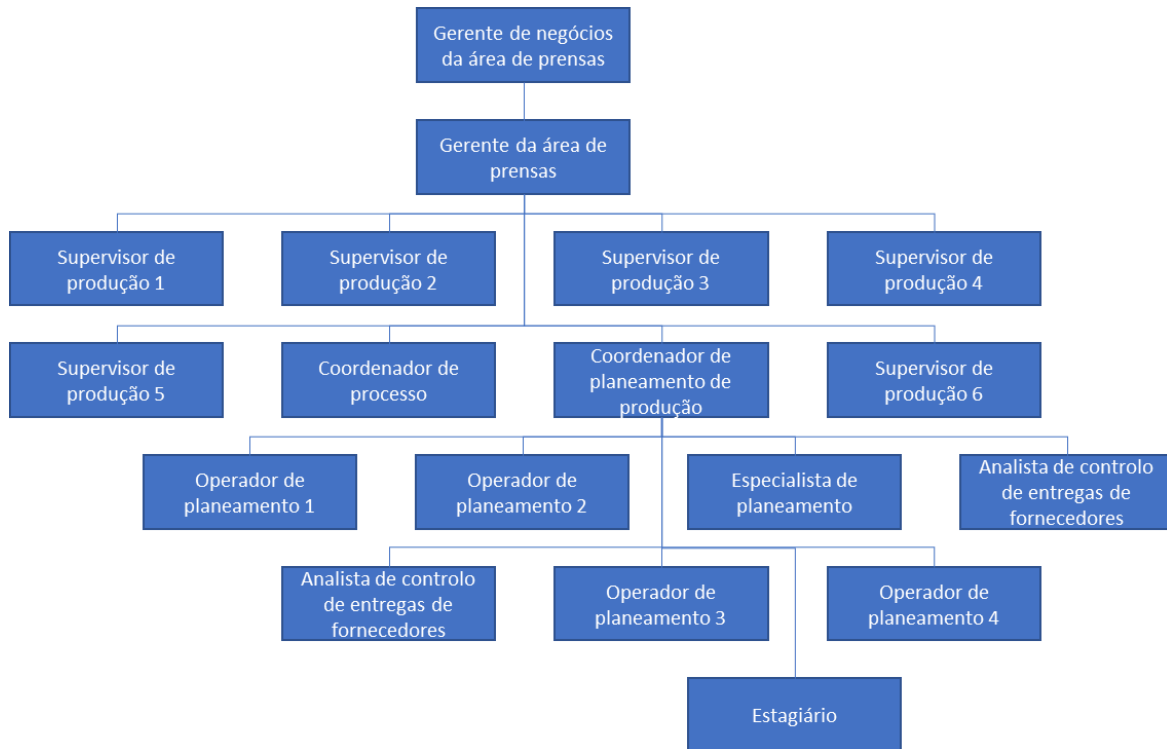


Figura 26 - Organograma da área de prensas (com maior destaque para a secção de planeamento).

De seguida, existiram três dias de trabalho no terreno, realizando-se com os operadores das máquinas de corte e prensagem a colocação e retirada dos pinos de paletes, de modo a se ter uma melhor perceção dos movimentos que seriam estudados no projeto referente a estes pinos. Após isto, e já com uma maior integração na fábrica, deu-se início aos projetos propostos, começando-se por recolher a informação já existente sobre os temas dos mesmos. Ao longo do estágio foi também existindo interação com os outros colaboradores, nomeadamente com os presentes na secção de planeamento, que aumentou ao longo do tempo, existindo diversas ajudas por parte dos mesmos no desenvolvimento dos projetos.

Desenvolveram-se, com a ajuda do orientador presente na fábrica (especialista de planeamento), várias atividades ao longo do estágio, nomeadamente interpretação de base de dados, trabalhos de investigação, medições de espaço e o controlo do movimento de ferramentas para os projetos de organização. Realizaram-se também diversas reuniões ao longo do estágio, sendo estas relativas aos projetos “Projeto de organização do heliporto” e “Projeto de definição dos pinos das paletes de platinas”. Para o primeiro, as reuniões centraram-se na definição da forma que se iria organizar o espaço e, também, mais tarde, referente ao rastreamento das

próprias ferramentas. No segundo, as reuniões foram relativas à possibilidade de aplicação dos exoesqueletos ao movimento dos pinos por parte dos operadores.

## 4.1. Diagnóstico da situação

### 4.1.1. Problema heliporto

Um dos problemas identificados, tratou-se da forma como o espaço heliporto (figura 27 e 28) se encontrava organizado.



Figura 27 - Fotografia da vista aérea da Volkswagen Autoeuropa com identificação do heliporto.



*Figura 28 - Fotografia da vista aérea do heliporto com dimensões.*

Este espaço, localizado na zona norte da fábrica, é utilizado atualmente pela área de prensas para o armazenamento de ferramentas de corte e de moldagem de platinas (figura 29), já pouco utilizadas, de modelos de automóveis que já não se encontram em produção. O problema existente no mesmo, trata-se da inexistência de distâncias de segurança e da impossibilidade de retirar uma ferramenta sem se movimentarem outras, o que representa que o espaço não se encontra otimizado.



*Figura 29 - Fotografia de um dos tipos de ferramentas de moldagem.*

#### **4.1.2. Problema pinos das paletes de platinas**

Na área de prensas, tal como referido anteriormente, é onde se efetua o corte de bobines, obtendo-se platinas e realizando-se, posteriormente, a prensagem destas, de modo a obter a peça final desejada. Após o corte, as platinas são colocadas em paletes e trancadas com pinos (figura 30) que se encaixam nas mesmas, de modo a impedir que as platinas se movimentem e caiam.



*Figura 30 - Fotografia do pino utilizado nas paletes para travar as platinas já cortadas.*

Estes pinos são colocados pelos operadores após o corte das platinas e retirados quando as mesmas vão para moldagem para a obtenção de peças. Os pinos utilizados apresentam uma massa muito elevada, pelo que o seu manuseamento por parte dos operários pode, a longo prazo, resultar em lesões.

#### **4.1.3. Problema pinos das mesas das prensas**

Outro movimento que, ao longo dos anos, cria lesões nos operadores, é a colocação/retirada de pinos das mesas das prensas (figura 31), tendo estes como função empurrar o pisador da primeira operação do set de ferramentas (pois, para se obter uma peça, esta passará por várias operações do mesmo set de ferramentas, no interior da máquina de

prensagem), de modo a efetuar a primeira forma na peça. O problema identificado neste caso, foi então, o método utilizado ao momento (figura 32) para o movimento referido, sendo que teria de ser encontrada uma outra forma de realizar o mesmo, sem ser prejudicial para os operadores.

(a)



(b)



Figura 31 - (a) Fotografia de uma das mesas das prensas. (b) Fotografia dos pinos das mesas das prensas.

(a)



(b)



Figura 32 - (a) Método utilizado ao momento para a movimentação dos pinos das mesas das prensas. (b) Mecanismo utilizado atualmente para a movimentação dos pinos das mesas das prensas.

#### **4.1.4. Problema locais de armazenamento de ferramentas**

Mais tarde, existiu o aparecimento de mais um problema que necessitaria de resolução. Este prendia-se pela organização e criação de *layouts* para outros parques de armazenamento de ferramentas, tanto no interior como no exterior da fábrica. Para os parques interiores, teriam de existir movimentações, devido ao facto de estes não apresentarem espaço livre suficiente para armazenar mais ferramentas, já no parque exterior este encontrava-se livre e disponível a armazenar ferramentas. Estas movimentações seriam necessárias, porque teriam de ser retiradas ferramentas presentes num outro armazém da fábrica (armazém norte), pois este espaço viria a ser necessário para outras atividades.

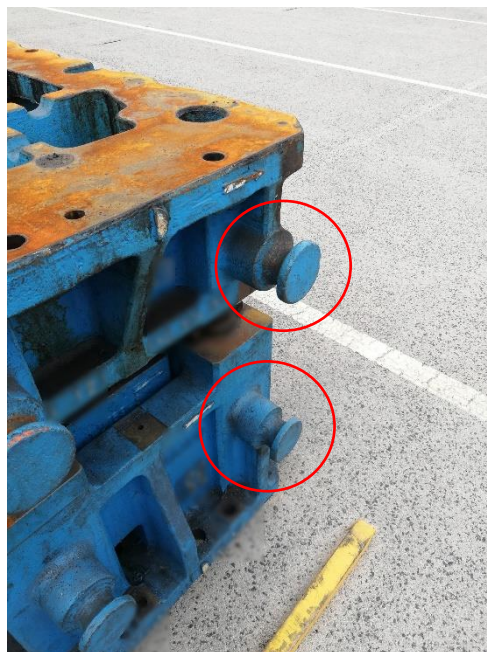
## **4.2. Ações de melhoria**

### **4.2.1. Problema heliporto**

Para o problema de organização do espaço do heliporto, com a certeza de que este ficaria seguro para os operadores se movimentarem entre as ferramentas e as mesmas ficassem acessíveis ao seu movimento com grua, tornou-se fundamental definir as larguras dos corredores semelhantes às já existentes nos parques de ferramentas presentes no interior da fábrica. Nestes parques as dimensões utilizadas são de 1,2 m do lado em que as ferramentas apresentam os munhões (local onde se prendem os cabos para elevação das ferramentas, com grua ou ponte rolante) (figura 33 e 34) e 0,7 m dos restantes dois lados. Pode-se observar o esquema que representa estas dimensões nos referidos espaços na figura 35. Para encontrar a fórmula certa para se conseguirem armazenar todas as ferramentas desejadas, considerou-se realizarem-se alguns *layouts* para otimização do espaço.



*Figura 33 - Fotografia dos munhões das ferramentas de maior dimensão.*



*Figura 34 - Fotografia dos munhões das ferramentas de menor dimensão.*

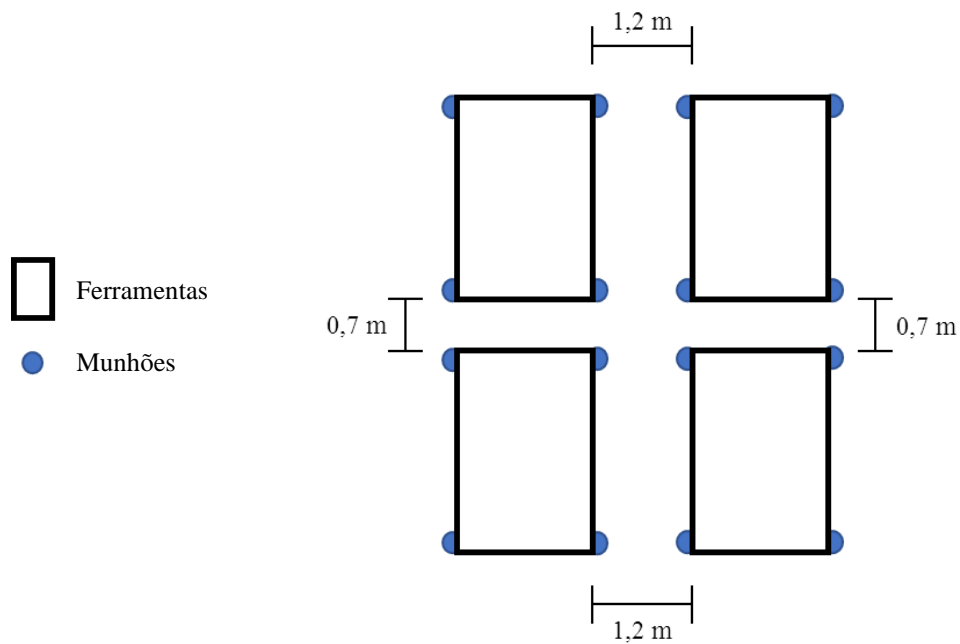


Figura 35 - Esquema representativo das dimensões entre ferramentas nos espaços de armazenamento presentes no interior da fábrica.

#### 4.2.2. Problema pinos das paletes de platinas

Para o problema relativo à massa excessiva (4,04 kg) dos pinos de paletes, considerou-se oportuno fazer a alteração do material do pino, da sua geometria e/ou das suas dimensões, ou até mesmo encontrar algum instrumento que permitisse facilitar o movimento do operador, com o intuito de reduzir as lesões dos mesmos ao fim de anos a realizar este movimento.

#### 4.2.3. Problema pinos das mesas das prensas

Por sua vez, para o problema referente aos pinos das mesas, de modo a evitar que os operadores sofram lesões ao longo dos anos, foi proposto que se encontrasse um método diferente do utilizado ao momento, para a movimentação dos pinos. Pensou-se, assim, que o melhor para este caso seria a utilização de um equipamento de fácil manuseamento. Este teria de permitir a colocação/retirada dos pinos, de modo a equilibrar o apoio ao movimento versus a produtividade a manter.

#### 4.2.4. Problema locais de armazenamento de ferramentas

Para a reorganização dos restantes parques de ferramentas, ou seja, para o problema que surgiu mais tarde, considerou-se oportuno transferir certas ferramentas para o espaço do heliporto. Após esta movimentação, serão transferidas ferramentas do armazém norte para os restantes parques, definindo as suas localizações com a realização de *layouts*, de modo a otimizarem-se os parques referidos.

#### 4.2.5. Resumo dos problemas existentes e das ações de melhoria para a sua resolução

Para uma melhor perceção dos problemas existentes e ações de melhoria que vão existir, construiu-se a tabela 1.

Tabela 1 - Problemas e ações de melhoria de cada um dos projetos.

Projeto	Problema existente	Ação de melhoria
Projeto de organização do heliporto	Pouca organização e distâncias de segurança em falta	Otimização do espaço e criação de distâncias de segurança
Projeto de definição dos pinos das paletes de platinas	Massa excessiva	Redução de massa ou inclusão de equipamento de facilitação do movimento do operador
Projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas	Massa excessiva	Inclusão de instrumento para movimentação dos pinos
Conceção de <i>layouts</i>	Espaços não otimizados	Otimização dos espaços

## **5. Projetos**

### **5.1. Projeto de organização do heliporto**

O projeto de organização do heliporto tem como objetivo promover a organização do espaço do heliporto, de modo a um operador se poder movimentar entre as ferramentas de uma forma segura e para que as gruas consigam retirar somente uma determinada ferramenta, sem ser necessário retirar diversas que se poderão encontrar à frente da mesma. Para isto, considerou-se parte das ferramentas já armazenadas no mesmo e outras mais que serão adicionadas, não esquecendo as distâncias de segurança. Para estas distâncias, pensou-se em definir 1 metro para os lados dos munhões e 0,5 m para os restantes dois lados. Considerar-se-iam as dimensões mais reduzidas para este caso, pois considerou-se que com estas se manteria as condições mínimas de segurança e ao mesmo tempo conseguir-se-iam efetuar os movimentos necessários para a colocação/retirada de cabos nas ferramentas. Neste trabalho realizaram-se várias iterações, até se encontrar a solução que se considerou mais adequada.

#### **5.1.1. O modelo de 4 corredores**

Inicialmente, optou-se por projetar, com ajuda de uma maquete, um *layout* com uma configuração que apresentava 4 corredores (figura 36). Para isto, foram efetuados, à escala e em cartão, o espaço do heliporto e as ferramentas que seriam armazenadas no mesmo, o que permitiu, de uma forma visual, analisar se seria possível armazenar todas as ferramentas. Realizando este procedimento, foi possível concluir que, com este modelo, não seria possível armazenar todas as ferramentas desejadas.

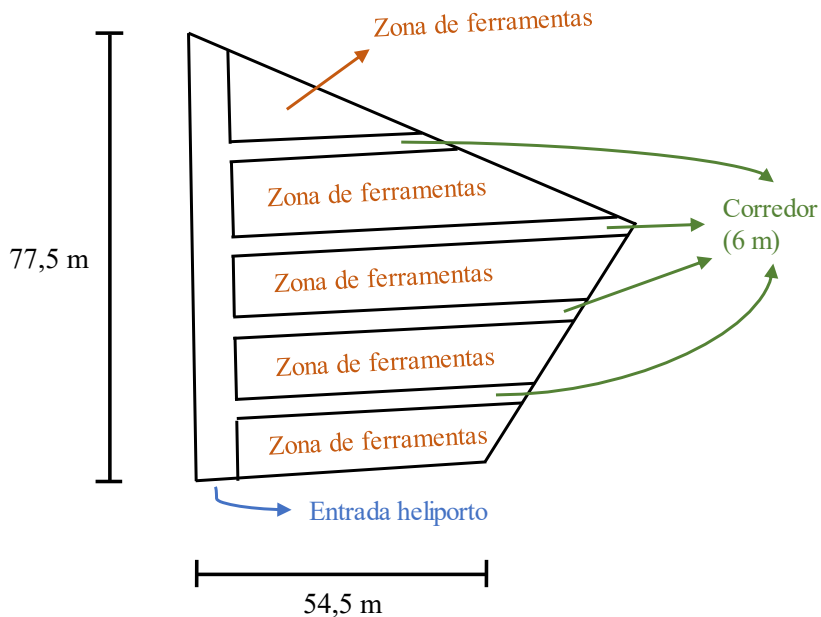


Figura 36 - Representação esquemática do layout do heliporto com 4 corredores.

### 5.1.2. Os modelos de 3 e de 2 corredores

De seguida, optou-se pela redução do número de corredores, reduzindo-se de 4 para 3 (figura 37). A par do estudo anterior, neste, também se utilizou uma maquete feita em cartão para melhor visualização. Após a análise, foi possível, mais uma vez, concluir que não seria uma boa opção, devido a, novamente, não ser suficiente para armazenar todas as ferramentas pretendidas, prevendo-se que faltaria armazenar cerca de 1781 m<sup>2</sup>. Após o *layout* de 3 corredores, testou-se uma opção que apresentava somente 2 corredores (figura 38), sendo que esta mostrou ser a melhor opção de todas as testadas até ao momento. Ainda assim, continuou-se sem possibilidade de dispor todas as ferramentas existentes, sendo que, neste caso, a quantidade que sobrou foi muito inferior à das opções anteriores (1539 m<sup>2</sup>). Para estes modelos, considerou-se que se utilizaria uma grua de aluguer com capacidade máxima de elevação de 120 t, sendo isto um fator influenciador da disposição das ferramentas (ferramentas de maior massa só poderiam ficar até uma certa distância para poderem ser elevadas).

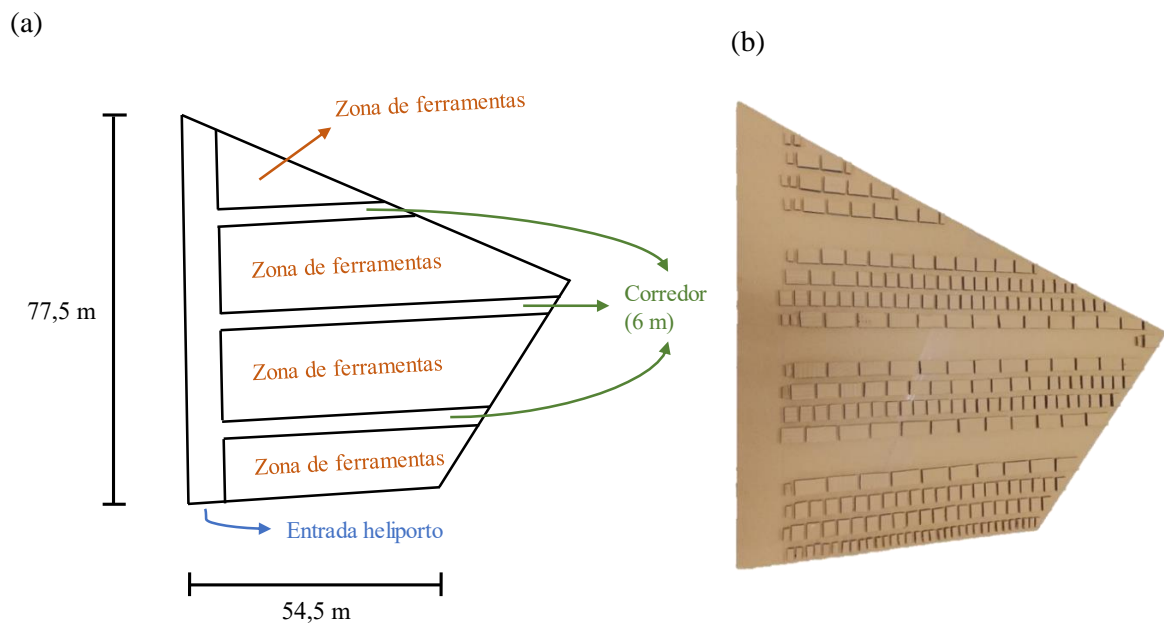


Figura 37 - (a) Representação esquemática do layout do heliporto com 3 corredores. (b) Fotografia da maquete construída para o modelo de 3 corredores.

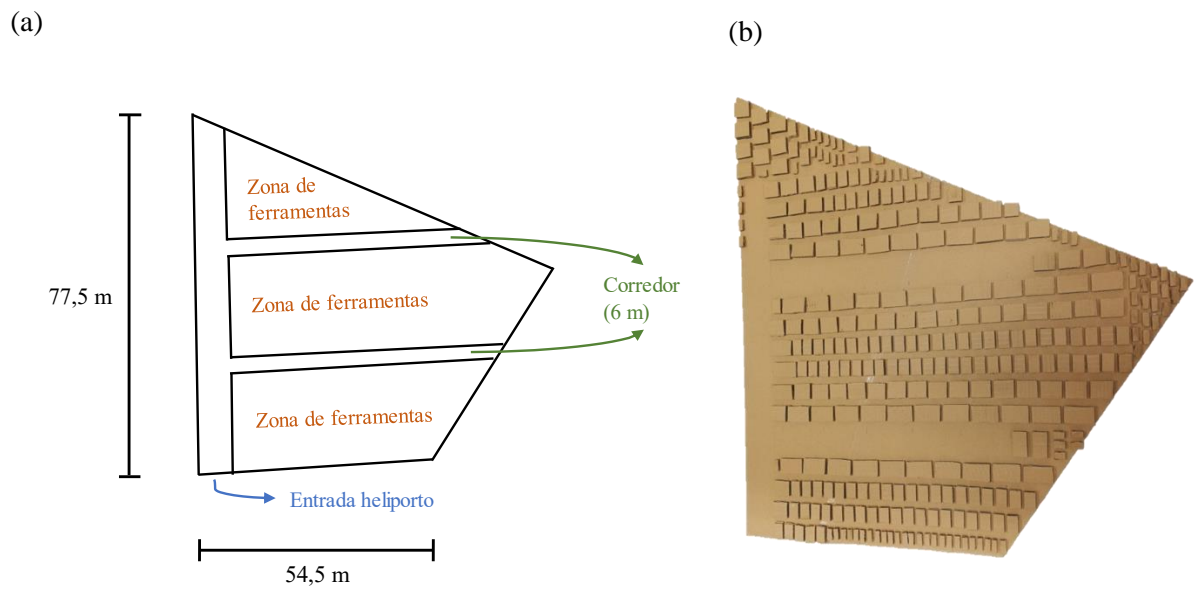


Figura 38 - (a) Representação esquemática do layout do heliporto com 2 corredores. (b) Fotografia da maquete construída para o modelo de 2 corredores.

### 5.1.3. O modelo de corredor com 3,5 m e com largo para movimentação de grua

Conforme ilustra a figura 39, foi pensado num *layout* onde existiria somente um corredor com 3,5 m, que daria acesso a um largo, sendo que seria no mesmo onde uma grua de aluguer (máximo 200 t) iria operar a uma distância máxima suficiente das ferramentas a movimentar naquele local. A grua também iria operar na estrada de entrada do heliporto, que apresentava a mesma largura dos modelos anteriores e que daria acesso ao corredor referido anteriormente.

Para se ter uma maior percepção da área correspondente às massas máximas que a grua conseguiria elevar, estando estes dependentes do comprimento a que a lança da grua está, marcou-se, no *layout*, as cores que definem estas áreas. A cor vermelha representa a área para acomodação de ferramentas até uma massa de 50 t, a área que pode suportar até uma massa de 39 t é representada pela cor amarela, a cor verde define a secção onde poderão ser colocadas ferramentas até 24 t e, por fim, a área cinzenta para ferramentas até 9 t. Em cada uma das secções definidas anteriormente não se podem armazenar ferramentas de massa superior aos máximos identificados, devido à distância a que a grua se encontra das mesmas (quanto maior a extensão da lança da grua menor a massa que a mesma consegue elevar).

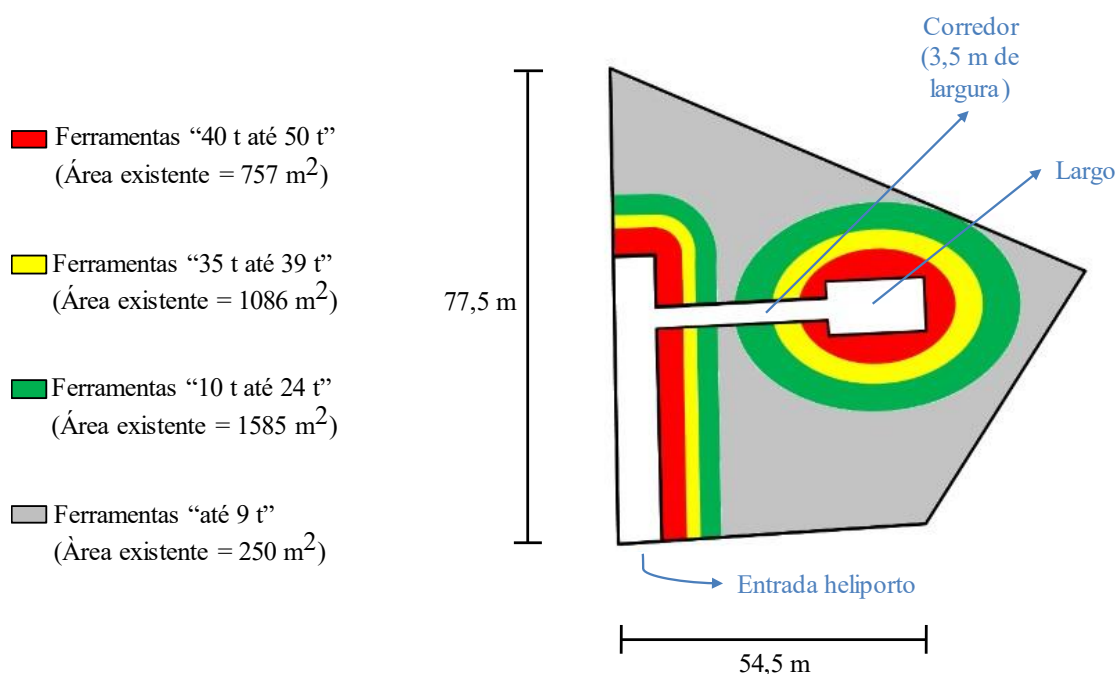


Figura 39 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 3,5 m de largura e um largo para a operação da grua.

Existem dois tipos de ferramentas de moldagem, pertencentes a dois tipos de máquinas de prensagem, que têm na sua constituição 3 ou 2 ferramentas independentes, que são seguras por uma placa superior e uma placa inferior, dando, assim, esta junção origem a um conjunto (figura 40). Estes conjuntos seriam desmontados, dividindo-se nas 3 ou 2 ferramentas (7 t cada uma) e nas 2 placas (10 t cada uma). Estas ferramentas e placas serão empilhadas a 2 níveis (figura 41) e 6 níveis (figura 42), respectivamente, de modo a existir uma poupança de espaço para acomodar mais equipamentos.

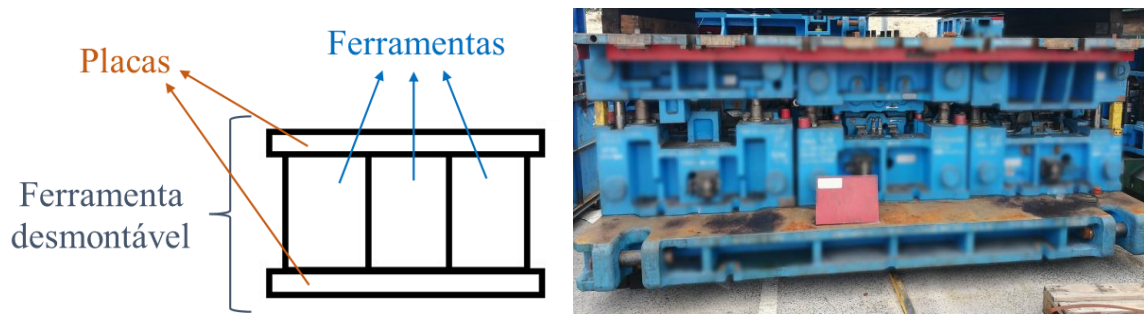


Figura 40 – (a) Esquema de ferramenta desmontável em 3 ferramentas de 10 t e 2 placas 10 t. (b) Fotografia de ferramenta desmontável em 3 ferramentas de 10 t e 2 placas 10 t.

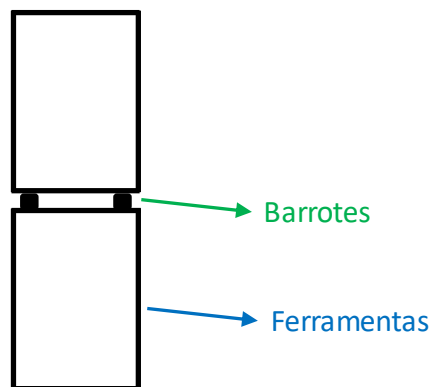


Figura 41 - Figura de representação do empilhamento de 2 ferramentas.

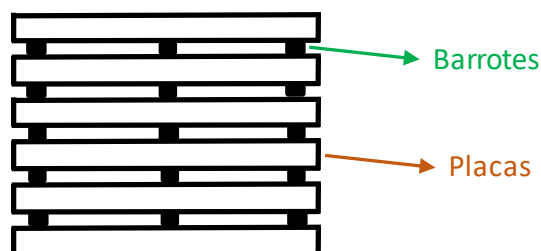


Figura 42 - Figura de representação do empilhamento de 6 placas.

Neste *layout*, foram detetados alguns problemas, dado que teriam de existir secções delimitadas pelas massas das diversas ferramentas necessárias elevar, devido ao alcance/massa de elevação da grua (200 t), o que faria com que a área maior do heliporto se destinasse às ferramentas de menor massa (até 9 t), sendo que se iria ficar com uma elevada área sem ocupação. De modo à grua conseguir elevar as ferramentas de maior massa, estas teriam uma área destinada pequena demais para a sua acomodação. Concluiu-se, após os cálculos (Apêndice A), que, com este modelo, não seria possível armazenar todas as ferramentas, dado que restavam ferramentas de todas as secções, exceto da que poderia armazenar as de maior massa (até 50 t). Nesta secção, não só se conseguiriam armazenar todas as ferramentas destinadas à mesma, como também sobraria espaço por ocupar, sendo que, neste caso, optou-se por considerar que se colocariam as ferramentas que tinham restado da secção amarela. Com estas condições e de modo a conseguir-se armazenar todas as ferramentas, seria necessário um incremento de área de 262,20 m<sup>2</sup> considerando o conjunto das secções sobrelotadas. Na figura 43 pode-se visualizar um esquema onde estão representadas as secções por lotação.

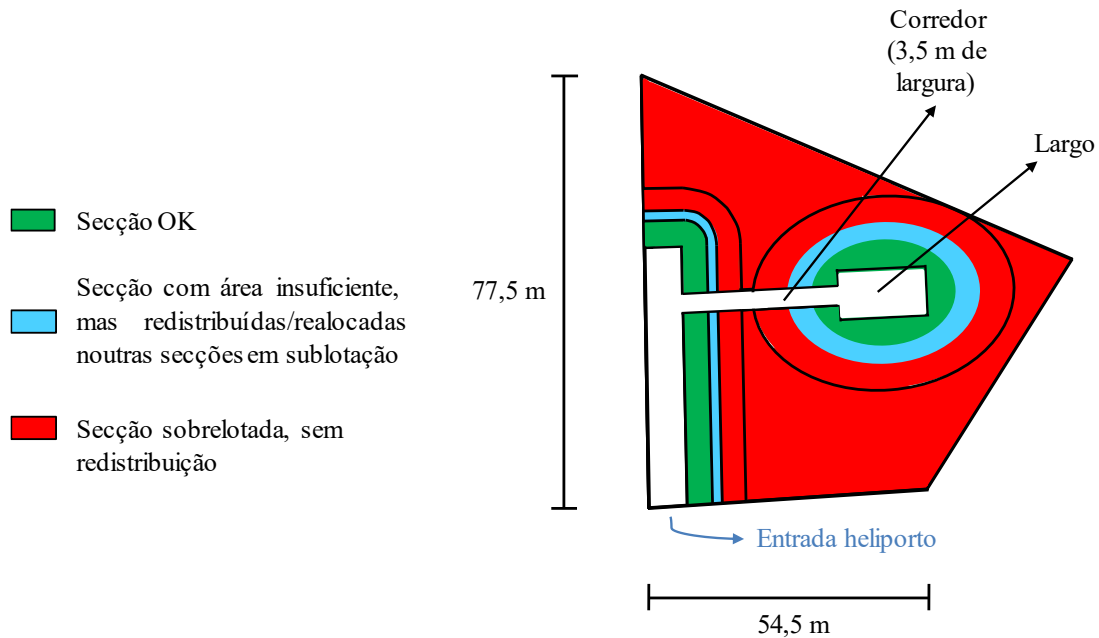


Figura 43 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 3,5 m de largura e um largo para a operação da grua, com definição da lotação de cada secção.

#### **5.1.4. O modelo de corredor de 9 m para movimentação de grua**

O modelo apresentado na figura 44 teve como base o anterior (figura 39), mas com a particularidade de o corredor de passagem até ao largo passar a ser da largura do mesmo (9 m), obtendo-se, assim, um modelo de um só corredor. Passou-se, também, a considerar os conjuntos de ferramentas/placas como estando, novamente, desmontadas, empilhando-se, à semelhança do cenário anterior, as ferramentas individuais a 2 níveis e as placas a 6 níveis. Com isto, era possível ganhar-se mais área nas secções que suportam maior massa, mas, como consequência, perder-se noutras secções.

Para uma definição mais próxima do que realmente poderia ser armazenado na secção “25 t até 39 t”, subdividiu-se esta (para se efetuarem os cálculos) em duas secções (“25 t até 34 t” e “35 t até 39 t”), pois existem ferramentas referentes a estas duas gamas de massa. Após os cálculos das áreas (Apêndice B), com ajuda novamente de uma maquete, e recorrendo ao *Excel*, foi, então, possível constatar que a secção “25 t até 39 t” e a secção “10 t até 24 t” teriam um decréscimo do valor da área existente nas mesmas, e, dado que estas já se encontravam em “sobrelotação”, com a diminuição da área, a situação ainda se agudizaria mais. Já relativamente à secção “40 t até 50 t”, assistiu-se a um grande aumento no valor da área existente, tal como se esperava, com um incremento de aproximadamente 40 %.

Relativamente às ferramentas das subsecções “25 t até 34 t” e “35 t até 39 t” e da secção “até 9 t”, que se encontravam sem alocação devido à falta de espaço, esta situação não seria problemática dado que, com o incremento de espaço na secção “40 t até 50 t”, iria passar a existir espaço livre, que seria capaz de armazenar as ferramentas que tinham restado das três secções. Apesar do referido anteriormente, concluiu-se que este modelo também não seria viável dado que, mesmo tendo-se conseguido armazenar com sucesso as ferramentas de quatro das cinco secções criadas, existiam ainda ferramentas pertencentes à secção “10 t até 24 t” que teriam sobrado e que ainda se encontravam sem local de armazenamento. Pode-se identificar na figura 45 o esquema que resume a lotação de cada uma das secções.

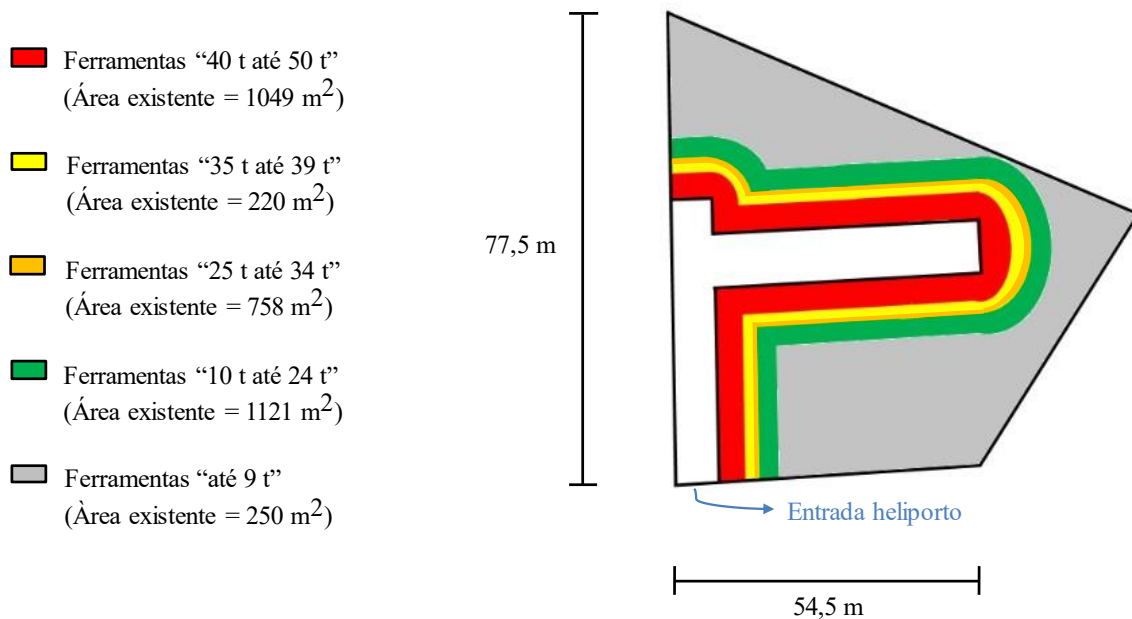


Figura 44 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura.

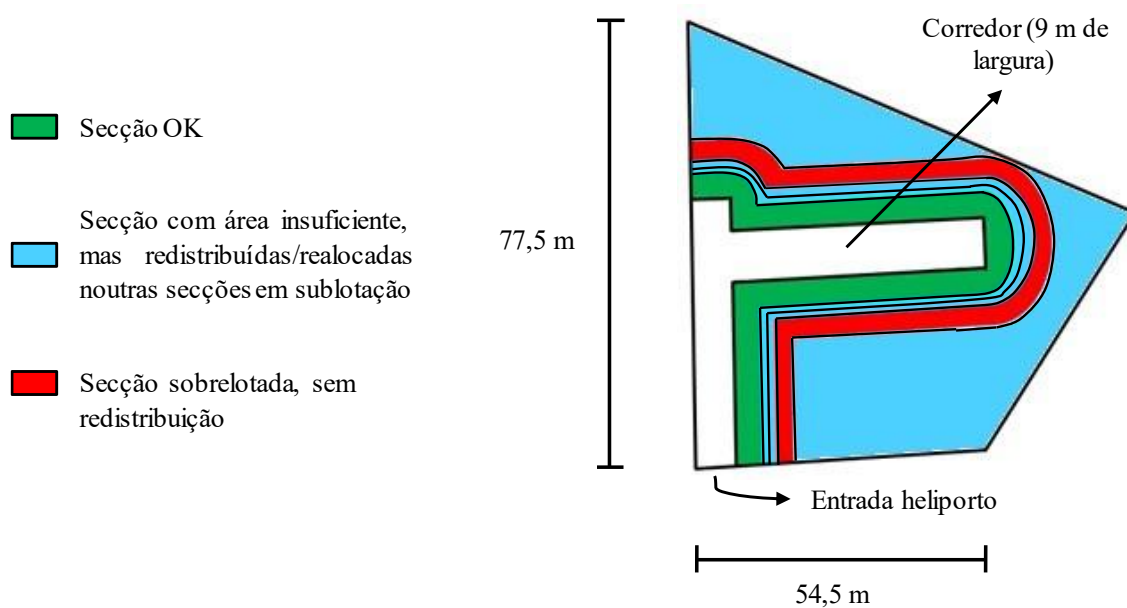


Figura 45 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (1º estudo).

No estudo seguinte, com o intuito de diminuir a área ocupada pelos equipamentos presentes nas secções “10 t até 24 t” e “até 9 t”, optou-se por, ao invés de efetuar empilhamentos de 6 placas e 2 ferramentas, passar a ter-se 8 placas e 3 ferramentas empilhadas somente nestas secções (mantendo-se as ferramentas das restantes secções a 2

níveis). Após os cálculos efetuados (Apêndice C), concluiu-se que, com estas condições, já seria possível armazenar todas as ferramentas, pois, mesmo não sendo suficiente a área de todas as secções para o armazenamento das ferramentas que lhe pertenciam, foi possível armazenar as mesmas na secção “40 t até 50 t”, pois nesta existiria espaço livre (cerca de 430 m<sup>2</sup>) (figura 46).

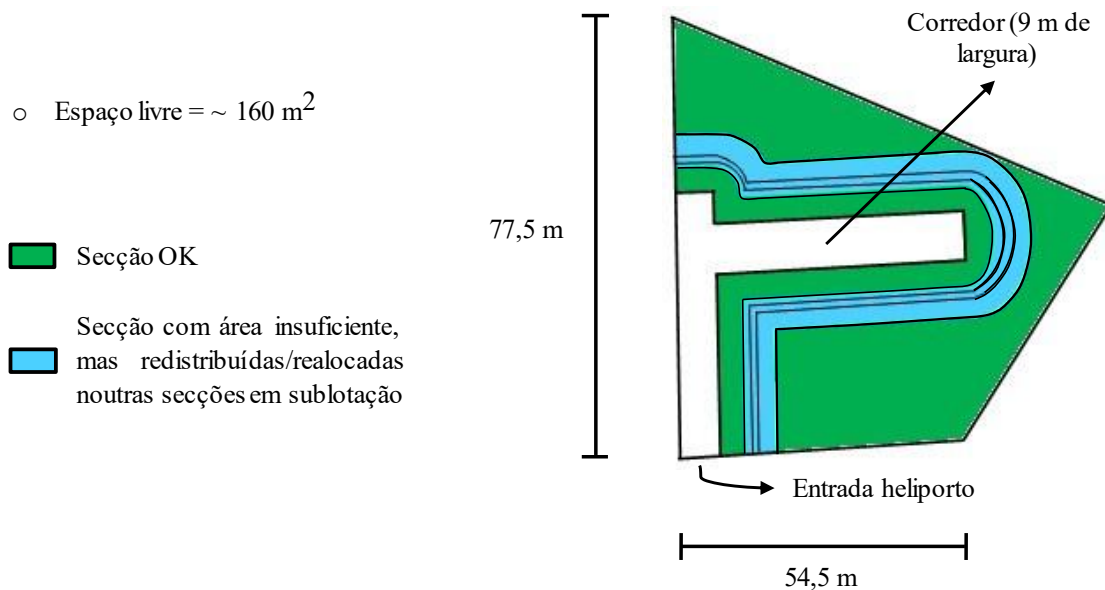


Figura 46 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (2º estudo).

Mesmo se tendo concluído que era possível armazenar todas as ferramentas com o *layout* projetado, recorreu-se, mais uma vez, ao estudo da diminuição da área ocupada por equipamentos, pois, quanto mais espaço livre existisse, melhor seria para o armazenamento de futuras novas ferramentas. Neste caso, pretendia-se diminuir, novamente, a ocupação da secção “10 t até 24 t” (só nesta seria possível uma diminuição), considerando o empilhamento de 10 placas, ao invés de 8, mantendo o número de ferramentas em empilhamento. Com isto e após serem refeitos os cálculos (Apêndice D), foi possível concluir que se ganharia cerca de 92 m<sup>2</sup> na secção referida, o que levaria a aumento da área livre conjunta das secções para aproximadamente 200 m<sup>2</sup> (figura 47).

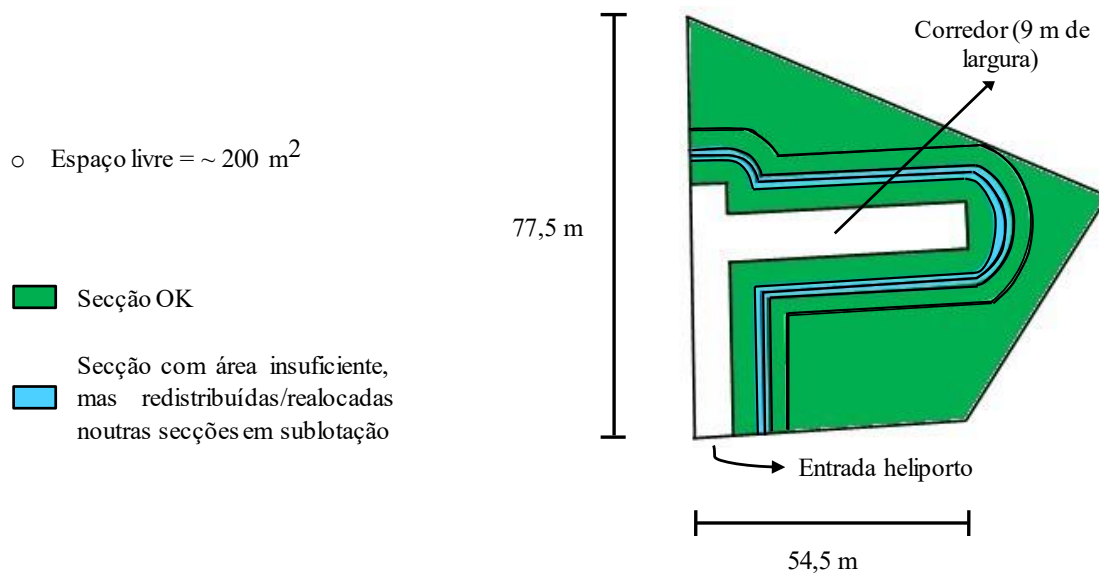


Figura 47 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (3º estudo).

De seguida, com o intuito de analisar quanto mais se conseguiria aumentar o espaço livre, de modo a conseguir colocar-se as ferramentas provenientes do armazém norte da fábrica, optou-se por efetuar um estudo considerando a retirada de ferramentas (possivelmente com movimentação para espaço alugado) de um certo modelo de automóvel (modelo já descontinuado, mas não sendo possível, de momento, sucatar as ferramentas, devido à obrigação da marca de manter o fornecimento de peças durante 15 anos após a paragem de produção do modelo). Após a identificação do tipo e quantidade de ferramentas deste modelo, foi possível efetuar o cálculo e concluir que, retirando estas ferramentas, o espaço livre aumentaria para cerca de  $1320 \text{ m}^2$ . O espaço livre conseguido seria, então, suficiente para armazenar todas as ferramentas existentes num outro armazém da fábrica (armazém norte), e, mesmo assim, ainda restaria espaço livre (cerca de  $595 \text{ m}^2$ ) (figura 48).

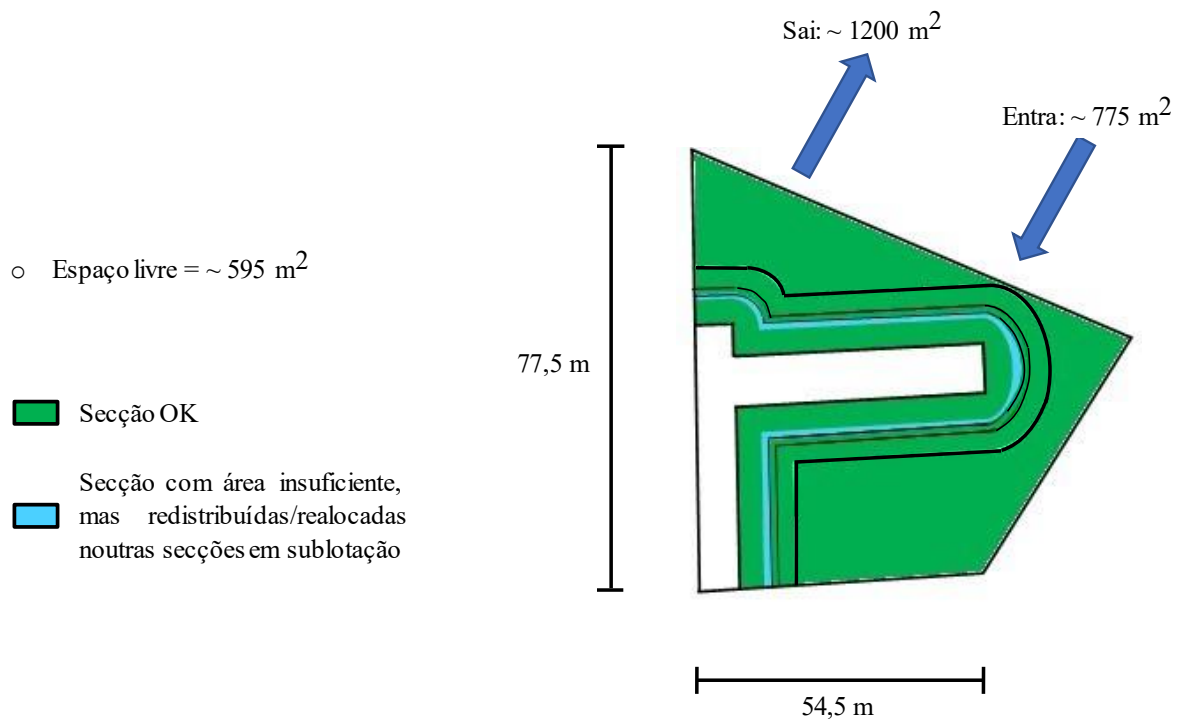


Figura 48 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (4º estudo).

Com isto, foram também efetuados cálculos considerando que só se colocariam no heliporto as ferramentas que se encontravam armazenadas no armazém norte, mantendo-se as ferramentas já existentes. Após os cálculos efetuados, e tal como podemos visualizar na figura 49, concluiu-se que, ao efetuar esta movimentação, sem retirar do heliporto o grupo de ferramentas referido anteriormente, não seria possível armazenar todas as ferramentas, sendo que ficariam a faltar cerca de  $530 \text{ m}^2$ , de modo a se conseguir armazenar todas as existentes. Assim, concluiu-se que, para adicionar todas as ferramentas do armazém norte no espaço do heliporto, ter-se-iam de retirar parte das presentes no heliporto, podendo colocar-se estas em espaços alugados exteriores à fábrica.

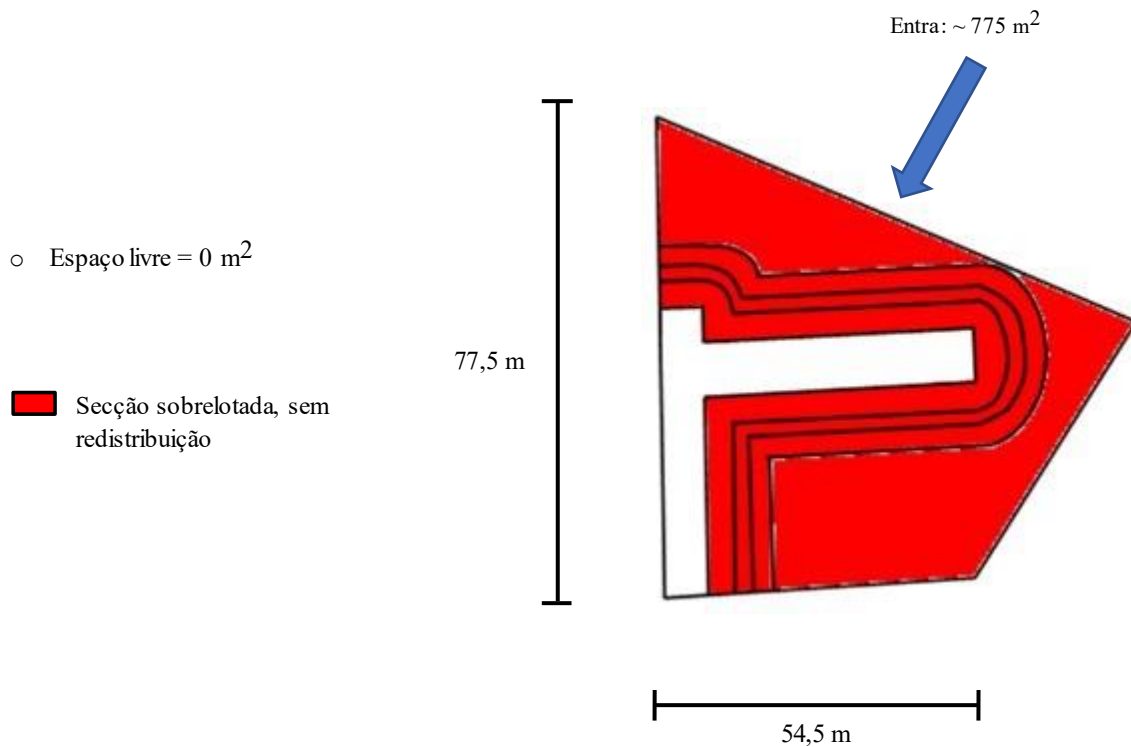


Figura 49 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com definição da lotação para cada secção (5º estudo).

Seguidamente, efetuaram-se os cálculos considerando que não se transferiam todas as ferramentas do armazém norte para o heliporto, mas sim somente parte destas, sendo que as restantes seriam armazenadas no espaço da *Press Shop* e num armazém externo à fábrica, a alugar. Após os cálculos, e tal como representado na figura 50, dos 915 m<sup>2</sup> que se encontravam ocupados no armazém norte, 215 m<sup>2</sup> de ferramentas que efetuam peças interiores do automóvel seriam transferidos para o heliporto ocupando neste cerca de 260 m<sup>2</sup>, devido ao facto de, no último, existir o impedimento de algumas ferramentas só poderem ser colocadas a 2 níveis e não a 3 (pavimento mais frágil), como se encontravam no local inicial; para o heliporto seriam também transferidos 122 m<sup>2</sup> de ferramentas de corte provenientes do armazém norte, que iriam ocupar no primeiro aproximadamente 170 m<sup>2</sup> (devido ao fator referido anteriormente); à volta de 180 m<sup>2</sup> de ferramentas exteriores seriam transferidos para a *Press Shop* (ocupando o mesmo espaço nesta última); e 155 m<sup>2</sup> de ferramentas de corte seriam transferidos também para a *Press Shop*, ocupando igualmente o mesmo espaço. Por fim, em relação às ferramentas provenientes do armazém norte, seriam transferidas cerca de 240 m<sup>2</sup> para um armazém que seria alugado em espaço externo à fábrica.

Relativamente às ferramentas que se encontravam armazenadas inicialmente na *Press Shop*, parte das mesmas ( $\approx 610 \text{ m}^2$ ) seriam transferidas para o heliporto ocupando neste uma área de aproximadamente  $805 \text{ m}^2$  (devido à situação exposta anteriormente) e adicionados  $570 \text{ m}^2$  de ferramentas referentes a um novo modelo de automóvel. Por último, seriam transferidas as ferramentas mais antigas presentes no heliporto para um armazém externo, libertando assim uma área de  $1300 \text{ m}^2$  no mesmo. As áreas representativas das movimentações a ocorrer no heliporto, encontram-se demonstradas na figura 51.

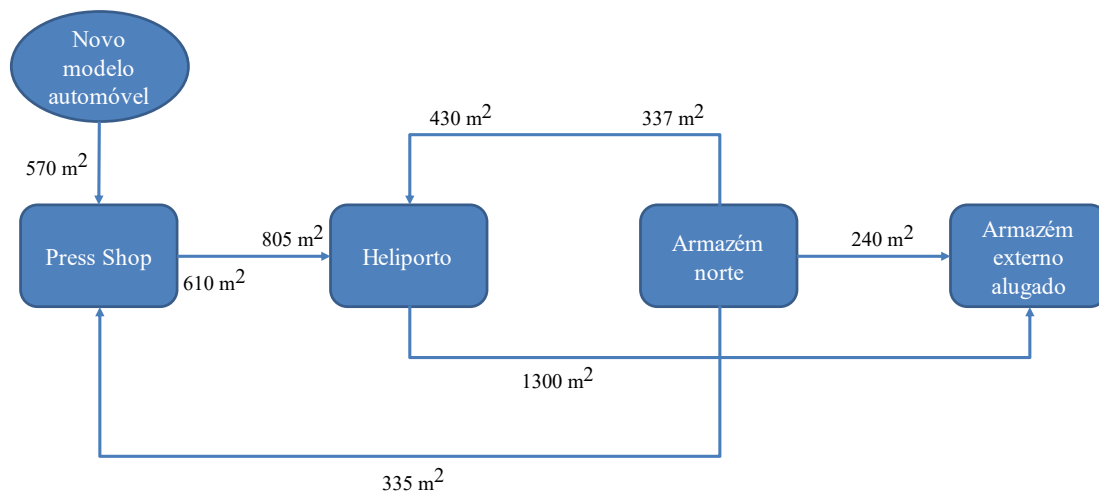


Figura 50 - Esquema com movimentações entre os vários espaços, com identificação da área ganha ou a ocupar em cada local.

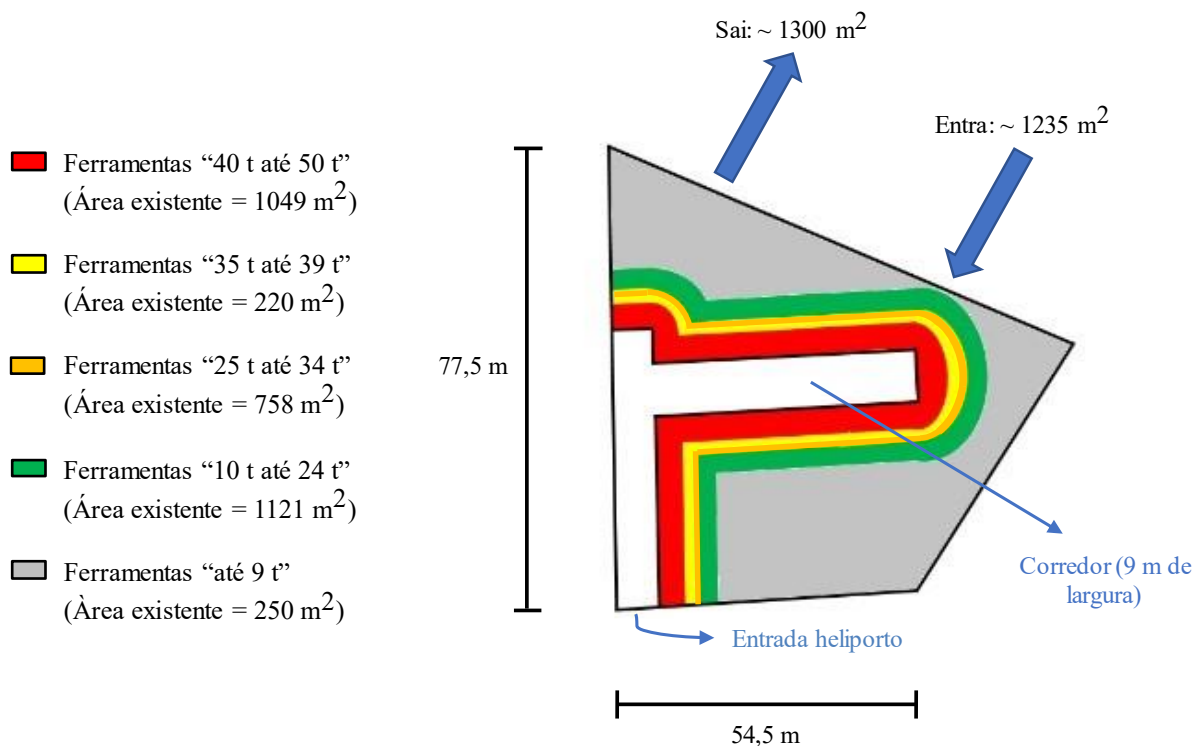


Figura 51 - Representação esquemática do layout do heliporto com corredor de 9 m de largura, com movimentos a ocorrer.

Após efetuadas as movimentações, fez-se uma análise da área ocupada em cada local, podendo encontrar-se na tabela 2, de uma forma resumida, o valor referente às mesmas. Foi possível concluir que o armazém norte tal como esperado ficaria com 0 % de ocupação, apresentando inicialmente uma ocupação de 98 %; a *Press Shop* que tem uma área útil para armazenamento de 2530 m<sup>2</sup>, passaria de uma ocupação de 83 % (2080 m<sup>2</sup>) para 94 % (2375 m<sup>2</sup>); e por fim foi possível identificar que o heliporto (área existente de 3400 m<sup>2</sup>) que inicialmente apresentava uma ocupação de 91 % (3080 m<sup>2</sup>) passaria a ter uma ocupação de 89 % (3015 m<sup>2</sup>). Percebeu-se então que o modelo anterior permitiria armazenar no heliporto todas as ferramentas pretendidas, em segurança, considerando a necessária movimentação de ferramentas e de modo a que também os restantes locais não ficassem sobrelotados.

Tabela 2 - Percentagens de ocupação inicial e após os movimentos, por local de armazenamento.

Local armazenamento ferramentas	Percentagem ocupação inicial	Percentagem ocupação após movimentos
Armazém Norte	98 %	0 %
<i>Press Shop</i>	83 %	94 %
Heliporto	91 %	89 %

Após encontrar-se o modelo a utilizar, iniciou-se a descrição das ferramentas a movimentar para se conseguir colocar o mesmo em prática. Para isto, e sabendo os grupos de ferramentas que seriam transferidas, criaram-se listagens (figuras 52 e 53) com o “*part number*” de cada uma das ferramentas para cada um dos movimentos a efetuar (ex: Armazém Norte → Heliporto), facilitando assim as movimentações aquando do momento de as implementar.

	A	B	C	J	N	O
1	Carro	Plataforma	SET New	Prensa	Localização DIE 2022	Localização DIE 2023
63	SCIROCCO		Capô		ArmNorte	Heliporto
65	SCIROCCO		Bagageira		ArmNorte	Heliporto
69	SCIROCCO		Guarda-lamas		ArmNorte	Heliporto
77	SCIROCCO		Cava da roda		ArmNorte	Heliporto
78	SCIROCCO		Teto		ArmNorte	Heliporto
79	SCIROCCO		Painel lateral		ArmNorte	Heliporto
83	SCIROCCO		Reforço portas		ArmNorte	Heliporto
115	SHARAN		Guarda-lamas		ArmNorte	Heliporto
120	SHARAN		Painel lateral		ArmNorte	Heliporto
124	SHARAN		Bagageira		ArmNorte	Heliporto
127	SHARAN		Teto		ArmNorte	Heliporto
128	SHARAN		Capô		ArmNorte	Heliporto

Figura 52 - Imagem da listagem correspondente às ferramentas das máquinas de prensagem que serão transferidas do armazém norte para o heliporto.

	A	B	C	T	U
1	Carro	Plataform	SET New	Localização BLK 2022	Localização BLK 2023
36	EOS		Capô	ArmNorte	Heliporto
60	SCIROCCO		Teto	ArmNorte	Heliporto
62	SCIROCCO		Capô	ArmNorte	Heliporto
113	SHARAN		Painel lateral	ArmNorte	Heliporto
120	SHARAN		Teto	ArmNorte	Heliporto
135	SHARAN		Guarda-lamas	ArmNorte	Heliporto
137	SHARAN		Capô	ArmNorte	Heliporto
332	POLO		Bagageira	ArmNorte	Heliporto
339	POLO		Reforço portas	ArmNorte	Heliporto
341	POLO		Guarda-lamas	ArmNorte	Heliporto
348	POLO		Painel lateral	ArmNorte	Heliporto
349	POLO		Capô	ArmNorte	Heliporto
351	POLO		Teto	ArmNorte	Heliporto
379	GOLF		Teto	ArmNorte	Heliporto
381	GOLF		Painel lateral	ArmNorte	Heliporto
387	GOLF		Guarda-lamas	ArmNorte	Heliporto
413	GOLF		Capô	ArmNorte	Heliporto
419	TOURAN		Cava da roda	ArmNorte	Heliporto
420	TOURAN		Guarda-lamas	ArmNorte	Heliporto
438	MQB		Cava da roda	ArmNorte	Heliporto
150					

Figura 53 - Imagem da listagem correspondente às ferramentas das máquinas de corte que serão transferidas do armazém norte para o heliporto.

### 5.1.5. Comparação dos vários modelos estudados

A tabela 3 ilustra os pontos fracos e fortes e a definição se o modelo em causa seria aceitável ou não aceitável e a justificação à cerca do porquê desta decisão, permitindo assim comparar os diversos modelos estudados.

Tabela 3 - Comparação entre os modelos estudados para o heliporto.

Modelo	Pontos fracos	Pontos fortes	Decisão
4 corredores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sem espaço suficiente para armazenar todas as ferramentas.</li> <li>Pouca área útil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mais área para armazenamento das ferramentas de maior massa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não aceitável – Sem possibilidade de armazenar todas as ferramentas.</li> </ul>
3 e 2 corredores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sem espaço suficiente para armazenar todas as ferramentas.</li> <li>Necessário aluguer de grua com maior capacidade de elevação (120 t).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mais área útil para armazenamento, comparando com modelo de 4 corredores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não aceitável – Sem possibilidade de armazenar todas as ferramentas.</li> </ul>
1 corredor (3,5 m) + largo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ferramentas por armazenar em todas as secções, exceto na referente à de maior massa.</li> <li>Necessário aluguer de grua com maior capacidade de elevação (200 t).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mais área útil para armazenamento, comparando com modelos de 3 e 2 corredores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não aceitável – Sem possibilidade de armazenar todas as ferramentas.</li> </ul>
1 corredor (9 m) - Com empilhamento de 6 placas e 2 ferramentas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menos área útil para armazenamento comparando com modelo anterior.</li> <li>Ferramentas por armazenar em todas as secções, exceto na referente à de maior massa.</li> <li>Necessário aluguer de grua com maior capacidade de elevação (200 t).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mais área útil para armazenamento na secção referente às ferramentas de maior massa, comparando com o modelo anterior.</li> <li>Possibilidade de armazenar algumas ferramentas que sobram de massa inferior na secção de destinada às de maior massa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não aceitável – Sem possibilidade de armazenar todas as ferramentas.</li> </ul>

1 corredor (9 m) - Com empilhamento de 8 placas e 3 ferramentas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferramentas por armazenar em todas as secções, exceto na referente à de maior massa.</li> <li>• Necessário aluguer de grua com maior capacidade de elevação (200 t).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de armazenar todas as ferramentas que sobram de massa inferior na secção de destinada às de maior massa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceitável – Possibilidade de armazenar todas as ferramentas.</li> </ul>
1 corredor (9 m) - Com empilhamento de 10 placas e 3 ferramentas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessário aluguer de grua com maior capacidade de elevação (200 t).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de armazenar mais ferramentas do que o modelo anterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceitável – Possibilidade de armazenar todas as ferramentas.</li> </ul>

Modelos com menos corredores têm mais área útil para armazenar as ferramentas, mas sobriaria espaço na secção das ferramentas de massa menor, faltando espaço nas secções destinadas às de maior massa, sendo estas as que têm de estar mais próximas da grua devido a quanto mais o braço da grua estiver esticado menos massa conseguirá elevar. Com isto, foi-se reduzindo a quantidade de corredores, não menosprezando a vertente de extensão do braço da grua, conseguindo-se assim aumentar a área dedicada às ferramentas de maior massa (devido a aumentar-se a área que se encontraria mais perto da grua). Por fim, encontrou-se um modelo considerado aceitável, onde se conseguiriam distribuir as ferramentas pelas diversas secções, podendo a grua elevar qualquer uma das mesmas.

Até ao momento o modelo definido como aceitável ainda não foi aplicado no espaço do heliporto, sendo que há possibilidade de ser aplicado no futuro, devido ao facto de ainda se ter de aguardar que as ferramentas mais antigas sejam colocadas num espaço de aluguer ou sucata e uma vez que apenas se poderão começar a realizar as movimentações no fim de uma destas ações ocorrer.

#### 5.1.6. Rastreamento de ferramentas

Com o intuito de existir um maior controlo sobre a localização das ferramentas, ocorreu a ideia de se utilizar um sistema, já usado na fábrica, para o rastreamento de ferramentas. Este sistema permite controlar a ferramenta com a utilização de um leitor (figura 54) e um código de barras (figura 55) presente no parque de ferramentas, sendo

possível definir, nesse sistema, qual o modelo do carro a que a ferramenta pertence, o estado da mesma (ex: “ativa”, “inativa”, ...) e a sua localização.

Após uma reunião com uma das pessoas que desenvolveu o sistema, já em prática na fábrica, ficou-se a conhecer que a localização da ferramenta é identificada, no sistema, a partir de dois eixos, que são limitados a 26 elementos (de A a Z), sendo que, no caso do heliporto, como se terá mais do que 26 fileiras de ferramentas, algumas terão de ficar alocadas à mesma localização. Este sistema seria uma grande ajuda no controlo de movimentações de entrada/saída de ferramentas do heliporto, ficando, assim, a saber-se sempre se uma determinada ferramenta estaria armazenada no mesmo ou se já teria sido movimentada para a área de prensas. É algo que também poderá ser aplicado no futuro, juntamente com o projeto de organização do heliporto, pois a aplicação do sistema de rastreamento está dependente do mesmo.



*Figura 54 - Fotografia de um exemplo de um leitor de código de barras.*



*Figura 55 - Fotografia do código de barras utilizado no sistema de rastreamento (presente noutro espaço da fábrica).*

## 5.2. Projeto de definição dos pinos das paletes de platinas

O projeto de definição dos pinos das paletes de platinas tem como objetivo encontrar uma alternativa mais leve, mas não muito dispendiosa, aos pinos utilizados atualmente nas paletes de transporte de platinas (figura 56), de modo a estas ficarem imóveis (servem como pinos de travagem). Esta redução de massa dos pinos permite prevenir, a curto e longo prazo, lesões nos operadores.



*Figura 56 - Representação esquemática da geometria do pino utilizado nas paletes para travamento das platinas já cortadas.*

Os pinos em causa são de aço ST37, apresentando atualmente uma parte superior cilíndrica oca e uma parte inferior maciça de secção octogonal, sendo esta última a parte que se encaixa na paleta, de modo a segurar as platinas. De momento, na área de prensas, utilizam-se dois tipos de pinos, um deles apresenta na parte cilíndrica oca (parte superior) uma espessura ( $t$ ) de 5 mm e outro que possui  $t = 3$  mm. As restantes dimensões, são iguais para os dois tipos e encontram-se representadas na figura 57.

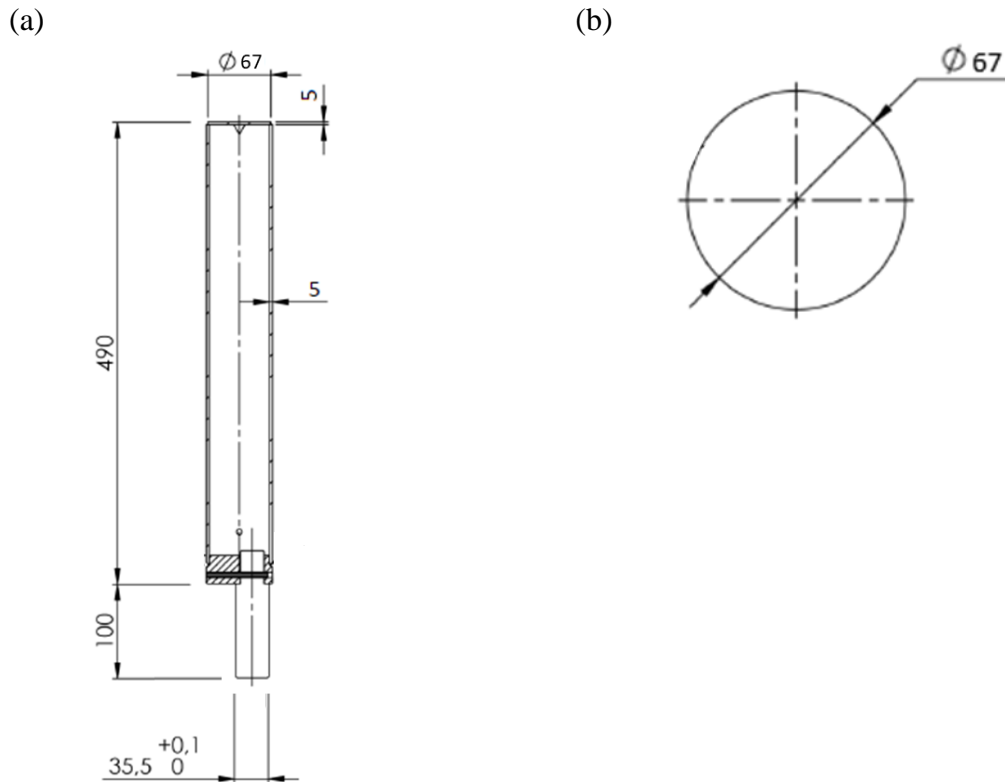


Figura 57 – (a) Representação esquemática da vista de frente do pino com  $t=5$  mm atualmente em utilização.  
 (b) Representação esquemática da vista de cima do pino com  $t=5$  mm atualmente em utilização.

Para alcançar o objetivo pretendido, foram focadas duas estratégias. Uma relativa à redução de massa dos pinos e outra focada na assistência ao movimento do operador, através da utilização de um exoesqueleto. Para a primeira estratégia consideraram-se outros materiais além do utilizado atualmente (aço ST37), mas também diferentes geometrias. Para a segunda estratégia, estudou-se, como cada tipo de exoesqueleto poderia ser benéfico para o movimento em causa, considerando que partes do corpo estariam sujeitas a maior esforço durante o mesmo.

### 5.2.1. Material de geometria dos pinos

Começou por se identificar diferentes geometrias e materiais que pudessem resultar em pinos mais leves, e que continuassem, ainda assim, a cumprir as exigências a que estariam sujeitos. Para o cálculo da massa dos pinos, decidiu-se, inicialmente, calcular o volume dos

mesmos e, de seguida, multiplicar esse valor pela sua densidade. Algumas propriedades dos materiais considerados encontram-se representadas na tabela 4.

Tabela 4 - Características dos materiais utilizados nos pinos.

Material	Aço ST37	Alumínio 2024-T3	Teflon	Nylon 66
Densidade ( $\rho$ )	7900 kg/m <sup>3</sup>	2699 kg/m <sup>3</sup>	2200 kg/m <sup>3</sup>	1140 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidade (E)	210 GPa	70 GPa	0,5 GPa	2,9 GPa
Tensão de cedência ( $\sigma$ )	235 MPa	476 MPa	20 MPa	90 MPa

Antes de se iniciar o estudo dos modelos de pinos que poderão apresentar uma redução da massa, optou-se por efetuar o cálculo da mesma para os pinos atuais (valor de massa teórico), apesar de já se conhecer o valor de massa real dos mesmos. Este cálculo (Apêndice E) realizou-se com o objetivo de se ficar a conhecer a discrepância entre o valor real e o valor teórico, de modo a poder aplicar um fator de correção às análises efetuadas, e assim, obter-se um valor de massa o mais próximo possível do real. Após os cálculos efetuados, concluiu-se que o valor de massa teórico dos pinos em utilização atualmente seria de 2,37 kg, o que, comparativamente com o valor real de 4,04 kg, representaria cerca de 60 % do mesmo. Esta discrepância é também influenciada, por nos cálculos efetuados para o valor teórico da massa não se estarem a considerar os reforços interiores e as soldaduras. Com isto, optou-se então por aplicar esta discrepância aos estudos efetuados.

Primeiramente, mantendo o comprimento do pino em utilização para todos os estudos realizados, foi analisada uma hipótese em que o pino apresentaria uma parte superior cilíndrica, com uma espessura exterior em aço ST37, contendo, no seu interior, um maciço em teflon (politetrafluoretileno) e uma parte inferior com geometria de secção octogonal maciça (figura 58). Rapidamente, foi concluído que esta hipótese não seria viável, dado que somente a massa referente ao maciço de teflon (5,24 kg de valor real previsto) já seria muito superior à massa dos pinos existentes atualmente (4,04 kg). Apesar disto, calculou-se a massa (Apêndice F) que teria a restante estrutura do pino, ou seja, a massa da estrutura exterior cilíndrica oca ( $t = 2$  mm), presente na parte superior do pino, e da parte inferior de secção octogonal maciça (ambas em aço ST37). Após os cálculos, obteve-se um valor real previsto

para as estruturas em aço ST37 de 3,56 kg. Somando os valores de massa obtidos, concluiu-se que o valor real previsto para este modelo de pino seria de 8,80 kg.

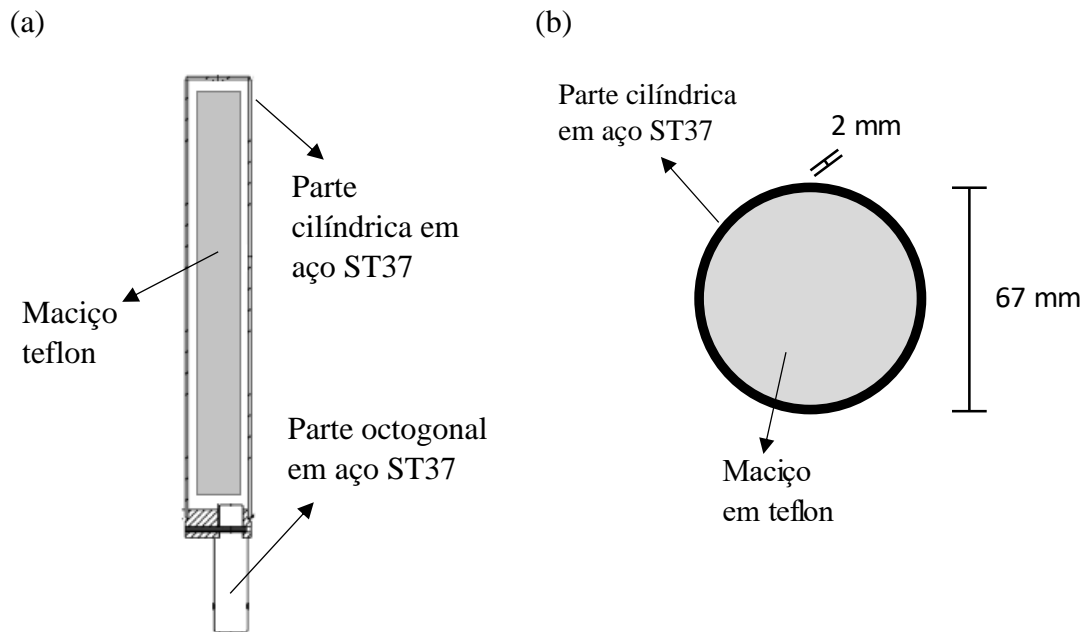


Figura 58 – (a) Representação esquemática do pino de parte superior cilíndrica com uma espessura exterior em aço ST37 e interior em maciço de teflon e parte inferior octogonal em aço ST37. (b) Representação esquemática da vista de cima da seção da parte superior do pino ( $t=2\text{ mm}$ )

Foi, então, abordada outra alternativa, consistindo em um pino maciço (parte superior e inferior maciça) em nylon 66 (poliamida 66), com a geometria igual à definida no estudo anterior. Este pino (figura 59), previu-se, após o cálculo (Apêndice G), ter uma massa real de aproximadamente 3,35 kg, o que seria uma boa solução, se apenas se considerasse a massa, mas, dado também se considerar a sua resistência e o seu custo, esta tornou-se numa má opção, pois o seu custo seria elevado e apresentaria uma baixa resistência. O custo foi obtido a partir da pesquisa dos elementos necessários à concepção do pino, sendo um destes uma impressora 3D, e, dado que o filamento de material nylon 66 apresenta custo elevado, concluiu-se que este modelo não seria aceitável.

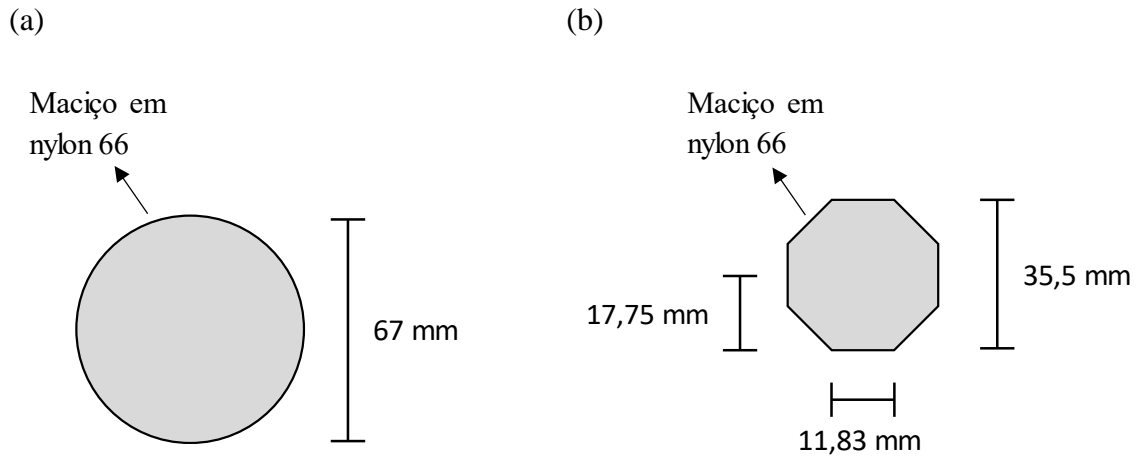


Figura 59 - Representação esquemática do modelo em nylon 66 com parte superior cilíndrica maciça/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

De seguida, com o intuito de estudar um pino mais resistente, voltou-se a considerar o grupo dos metais, tal como nos pinos atualmente em serviço. Neste caso, foi considerado um pino de parte superior oca e cilíndrica em alumínio 2024-T3, e com uma parte inferior de secção octogonal maciça, no mesmo material. Inicialmente fez-se o estudo com uma espessura de 3 mm (figura 60), o que se concluiu ser uma má opção pois haveria a possibilidade deste não suportar as forças para as quais seria solicitado (figura 61), apesar de apresentar uma massa menor (~1,5 kg de valor real aproximado (Apêndice H)) que os pinos atualmente em uso na fábrica. Apesar de não ter sido efetuada nenhuma análise de resistência a estes pinos, pôs-se em causa a possibilidade deste modelo não suportar os esforços a que estaria sujeito, devido ao facto, de se ter tido em consideração a experiência anterior da empresa.

Para este estudo, bem como para os anteriores e para os que serão descritos de seguida, não se efetuou nenhuma análise de elementos finitos, sendo que esta poderia ter sido feita, mas optou-se pela experiência adquirida na empresa à cerca das configurações já existentes e utilizadas na fábrica antes do início do estágio. Esta opção deveu-se ao facto de esta peça não se tratar de um componente especialmente crítico, adotando-se uma abordagem mais empírica.

Tal como está representado na figura 61, o pino é solicitado na zona de soldadura entre as partes superior e inferior do pino, não apresentando solicitação lateral ao corte por parte das platinas. Além da situação referida, o pino também está sujeito a esforços de embate laterais, pois por vezes é necessário que os operadores deem pancadas com um outro pino

no pino colocado na paleta, de modo a conseguirem soltá-lo. O pino fica “preso”, devido ao facto de quando existe a movimentação das paletes, as platinas sofrerem um mínimo deslocamento em relação à posição inicial, criando assim uma ligeira torção do mesmo. Então, de forma a que o pino não sofra com esse embate, criando amolgadelas e pequenas fissuras, decidiu-se assim optar pelo sobredimensionamento do mesmo, de modo a este ter uma resistência suficientemente grande para suportar os esforços aplicados.

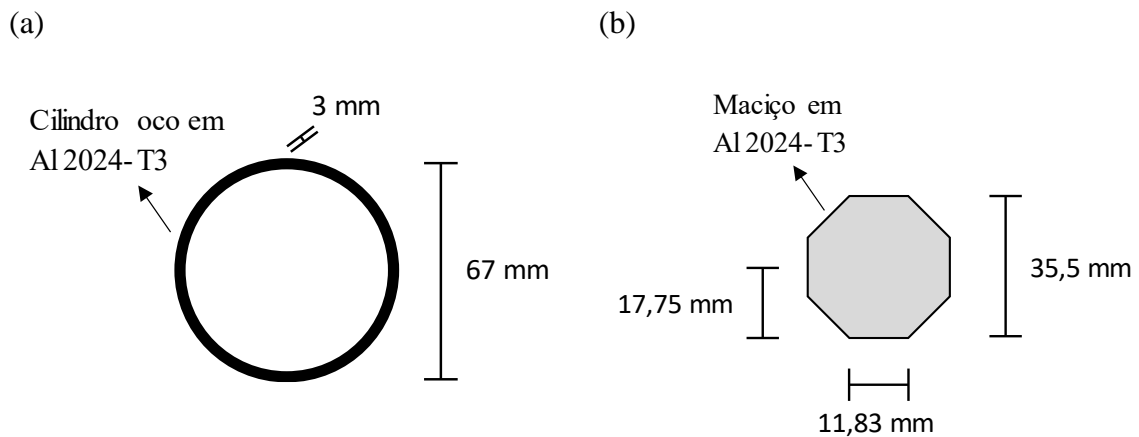


Figura 60 - Representação esquemática do modelo em Al 2024-T3 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 3$  mm)/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

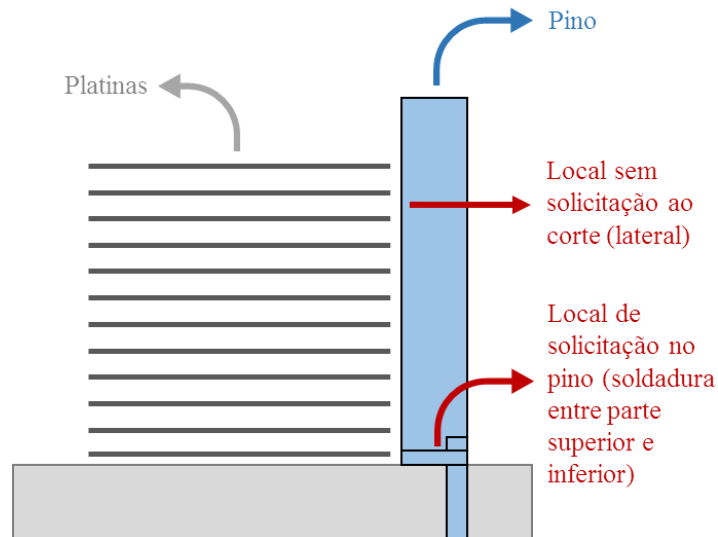


Figura 61 - Esquema de representação do local do pino solicitado pelas cargas aplicadas.

No segundo estudo efetuado com este material, considerou-se uma espessura de 5mm e novamente o octógono inferior maciço, tendo-se calculado (Apêndice H) que, previsivelmente, este iria ter uma massa real de aproximadamente 2,30 kg. Optou-se, também, por realizar os cálculos da massa considerando novamente alumínio 2024-T3, mas com a espessura da parte superior do pino (cilindro) de 7 mm e a parte inferior (secção octogonal) oca com  $t = 5$  mm (figura 62), resultando assim numa massa real prevista de 2,50 kg (Apêndice I). Foram, ainda, analisados outros modelos com o mesmo material, mas concluiu-se que o octógono em alumínio 2024-T3 presente na parte inferior do pino não seria viável, dado que a paleta onde o mesmo iria encaixar seria em aço, então o mesmo iria ter desgaste ao longo do tempo dado que possuía um material de menor resistência.

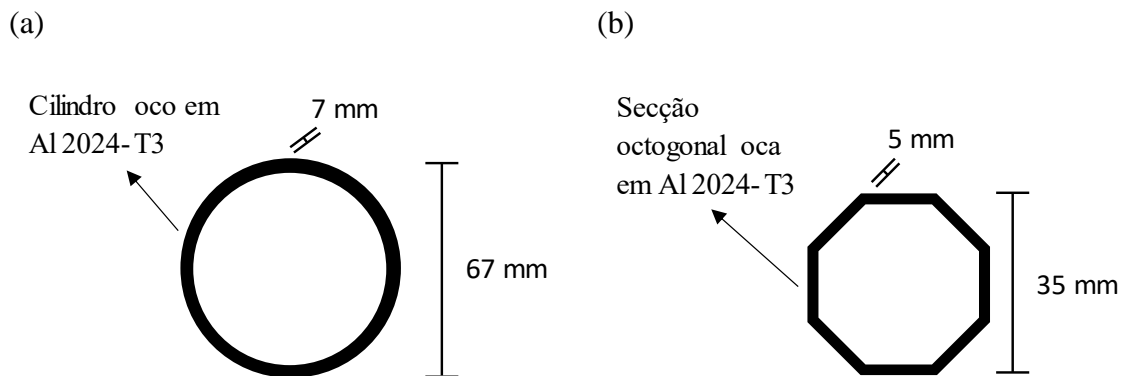
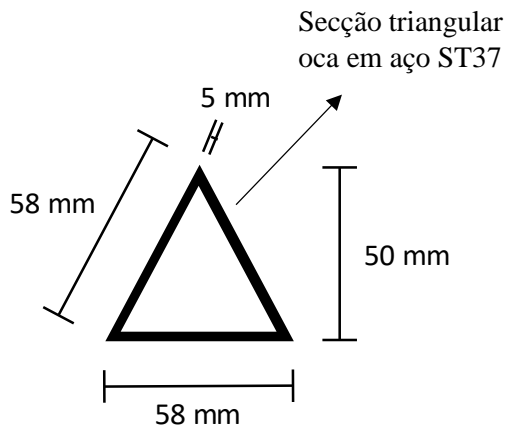


Figura 62 - Figura 46 - Representação esquemática do modelo em Al 2024-T3 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 7$  mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 5$  mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Num momento posterior, considerou-se um pino totalmente em aço ST37, de geometria triangular oca (figura 63), apresentando uma secção com 50 mm de altura e com uma espessura de igualmente 5 mm, mantendo-se a parte inferior do pino maciça e de secção octogonal. Concluiu-se então, que este viria a ter uma massa real prevista de 4,80 kg (Apêndice J), tendo esta geometria sido desconsiderada pois as suas arestas em contacto com as platinas poderiam causar desgaste nas mesmas. Relativamente à questão da massa do pino, este também não seria considerado viável, pois não apresentava redução de massa comparativamente com os pinos atualmente em uso.

(a)



(b)

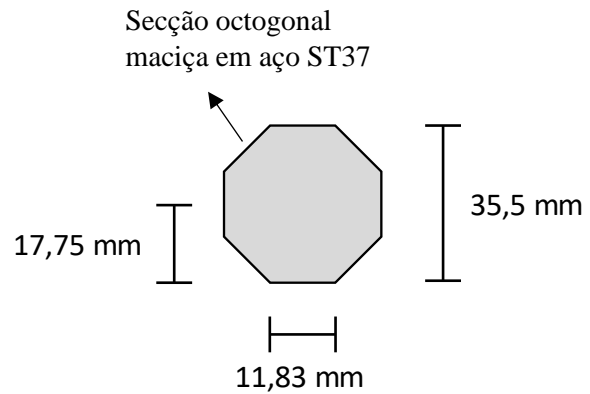


Figura 63 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior triangular oca ( $t = 5$  mm)/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Posteriormente, considerou-se um pino em aço ST37, que apresentaria uma secção da parte superior oval, como a representada na figura 64, sendo que a parte inferior se manteria em secção octogonal, considerando-se ambas ocas. A primeira teria um comprimento de 60 mm, uma largura de 45 mm e uma espessura de 5 mm. A segunda manteria as dimensões exteriores iguais aos modelos anteriores, mas passaria a ter uma espessura de 10 mm. Após os cálculos (Apêndice K), concluiu-se que o valor de massa real seria de 6 kg. Com isto, concluiu-se mais uma vez, que esta geometria não deveria ser considerada dado apresentar massa superior aos pinos existentes ao momento, e, apesar disso, também possuía uma geometria menos polivalente, isto é, com menor possibilidade de ajuste às platinas do que os mesmos.

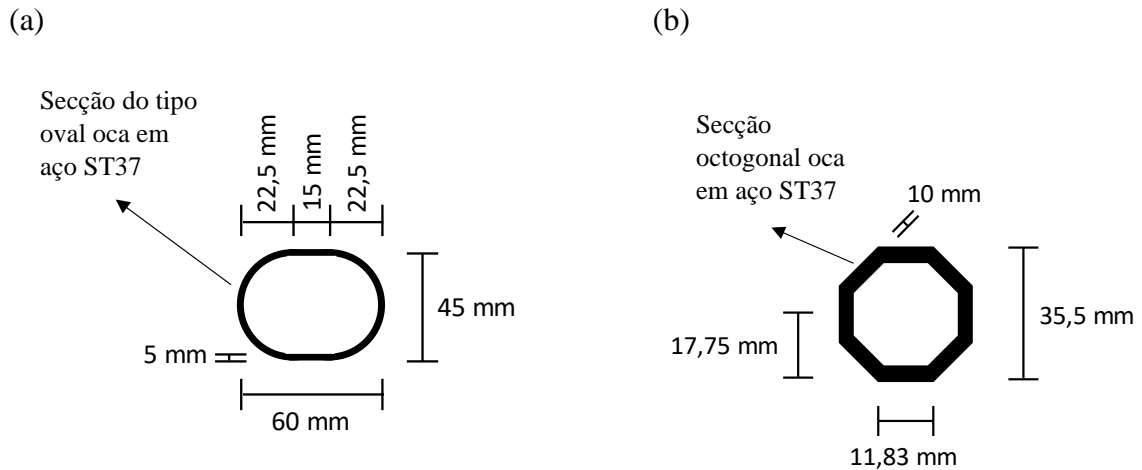


Figura 64 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior de secção oval oca ( $t = 5$  mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 10$  mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Seguidamente, foram efetuados os cálculos considerando a parte superior do pino tal como a inferior, de secção octogonal e em aço ST37, sendo que a primeira seria oca apresentando uma espessura de 5 mm (figura 65) e a segunda seria maciça. Após os cálculos efetuados (Apêndice L), constatou-se que previsivelmente iria apresentar massa de aproximadamente 4 kg, o que faria com que não pudesse ser considerado.

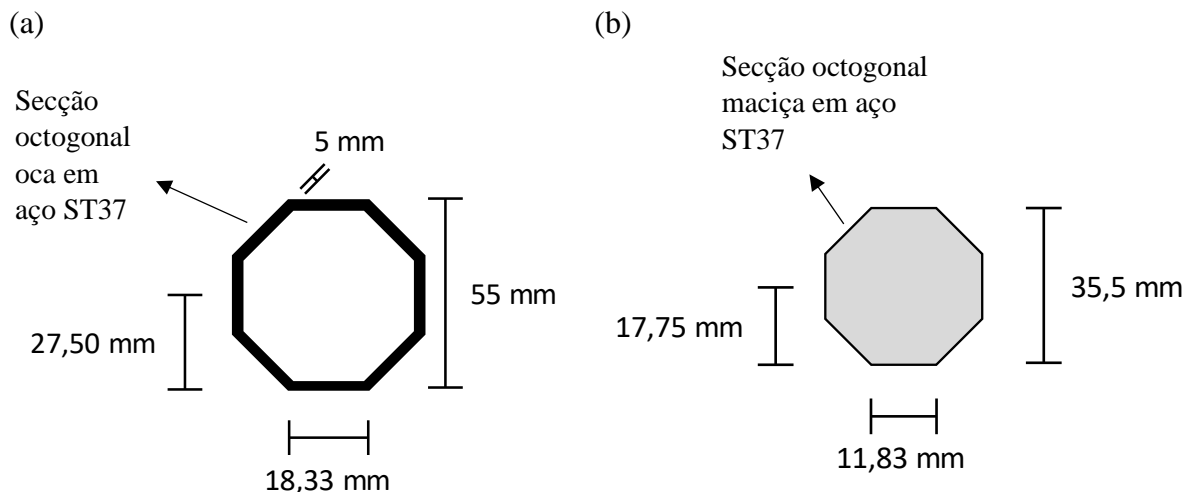


Figura 65 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior de secção octogonal oca ( $t = 5$  mm)/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

No teste seguinte, voltou-se a efetuar os mesmos cálculos, mas considerando 3 mm para a espessura da parte superior do pino (figura 66), resultando num valor real previsto de 2,15 kg (Apêndice L). Comparando este último valor com a massa dos pinos mais leves utilizados na fábrica, faria com que houvesse uma diminuição de cerca de 46 %. Assim, no que respeita à massa, este modelo era viável, mas constatou-se, mais uma vez, que a sua geometria poderia não ser a mais correta para a situação pretendida, pois as arestas presentes na geometria octogonal poderiam resultar em desgaste das platinas. Devido a este fator, o modelo referido acabou por ser descartado.

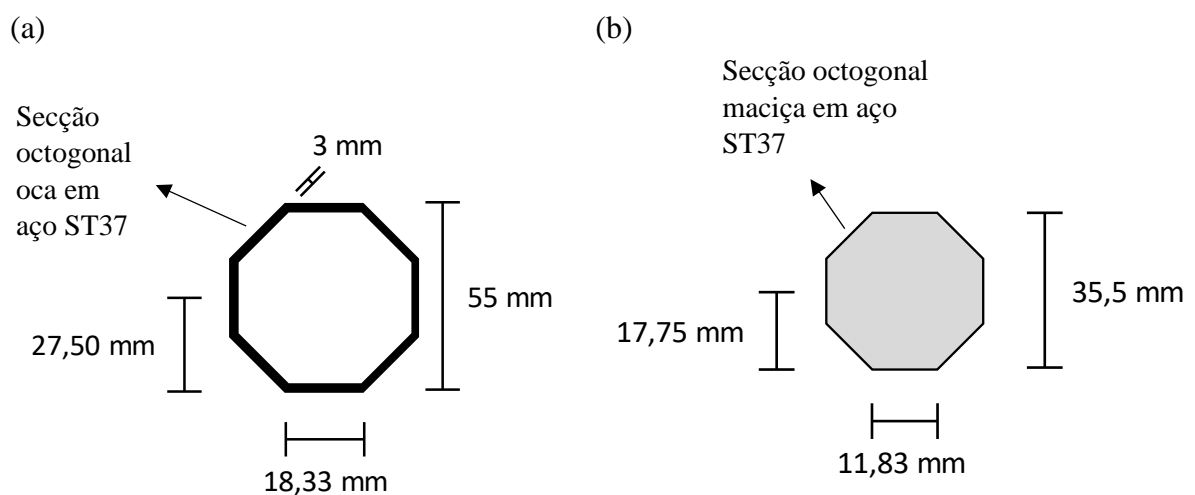


Figura 66 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior de secção octogonal oca ( $t = 3$  mm)/parte inferior de secção octogonal maciça: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Numa nova iteração, voltou-se a considerar a parte superior do pino como tendo forma cilíndrica oca em aço ST37 com uma espessura de 5 mm, alterando-se a parte inferior do pino (secção octogonal), tornando-a oca com uma espessura de 14 mm em aço ST37, mantendo-se todas as restantes dimensões (figura 67). Com os cálculos efetuados (Apêndice M), foi possível obter um valor de massa aproximado daquele que se teria na realidade, sendo este de 6,65 kg. Pôde-se então concluir que este formato não seria o pretendido, dado que apresentava massa superior ao formato já existente.

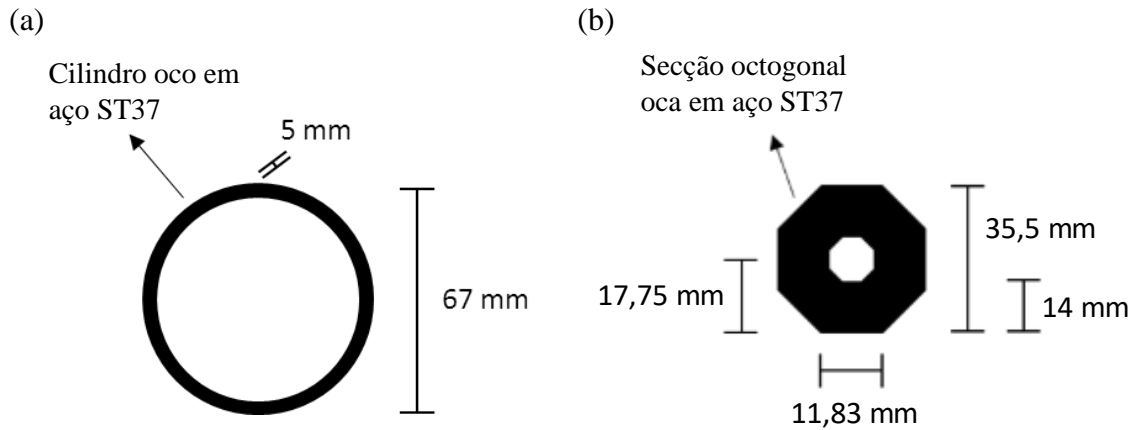


Figura 67 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 5$  mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 14$  mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Assim, de modo a reduzir a massa, mas mantendo a mesma ideia, optou-se por manter o formato da parte inferior do pino (secção octogonal) utilizado anteriormente (com  $t = 14$  mm), alterando a espessura da parte superior do pino (cilindro) de 5 mm para 3 mm (figura 68). Obteve-se, após os cálculos (Apêndice M), um resultado de 4 kg para o valor real previsto, o que mais uma vez, fez perceber que esta ainda não seria a alternativa ideal aos pinos existentes dado que se mantinha a mesma massa.

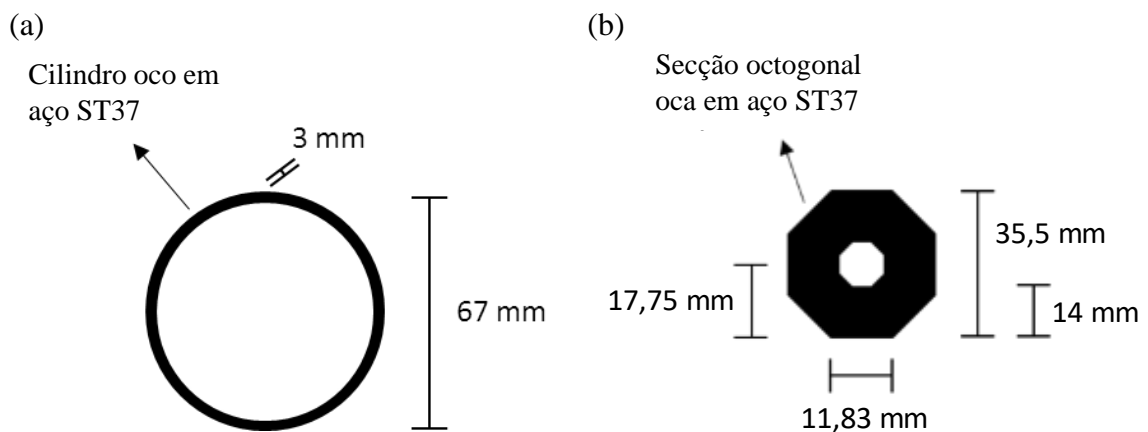


Figura 68 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 3$  mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 14$  mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Posteriormente, utilizou-se como base o modelo anterior, mas optou-se por reduzir a espessura da parte inferior. A parte cilíndrica (superior do pino) manteve-se com 3 mm de

espessura e a parte inferior do pino (secção octogonal) reduziu-se para 5 mm (figura 69). Após os cálculos efetuados (Apêndice N), conseguiu-se retirar um valor real previsto de aproximadamente 4,35 kg, percebendo-se que, com esta geometria, tem-se um aumento de cerca de 7 % relativamente à massa dos pinos em utilização (de 4,04 kg para 4,35 kg). Mostrou não ser, novamente, uma boa solução, dado que não existiria redução de massa.

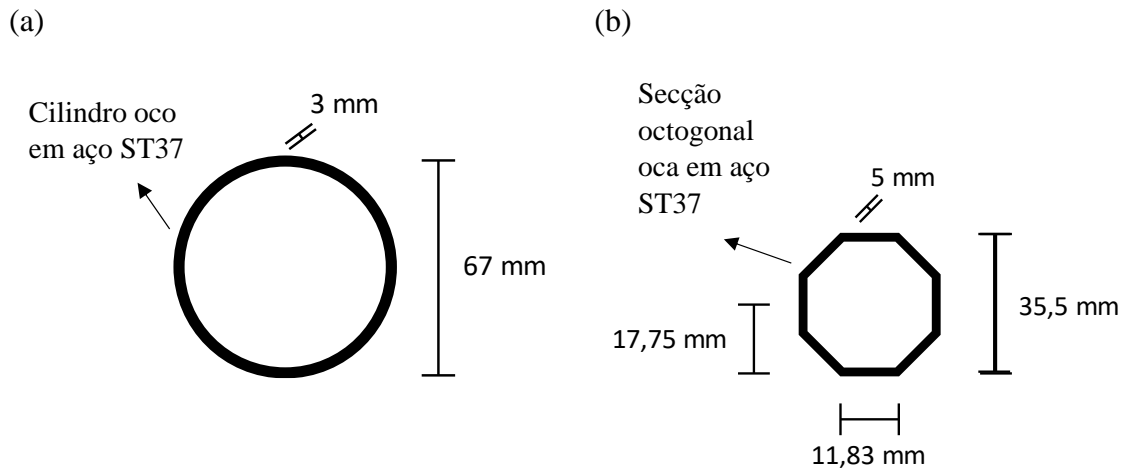


Figura 69 - Representação esquemática do modelo em aço ST37 com parte superior cilíndrica oca ( $t = 3$  mm)/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 5$  mm): (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

Por fim, de modo a obter uma redução de massa de maior valor, voltou-se a considerar o alumínio 2024-T3, mas somente para a parte cilíndrica do pino (oca com  $t = 5$  mm). Relativamente à parte com secção octogonal, para esta não vir a ter o desgaste constatado anteriormente (no contacto com paletes), optou-se novamente por considerar a mesma em aço ST37 e também por aumentar a sua espessura para 10 mm (figura 70 e 71).

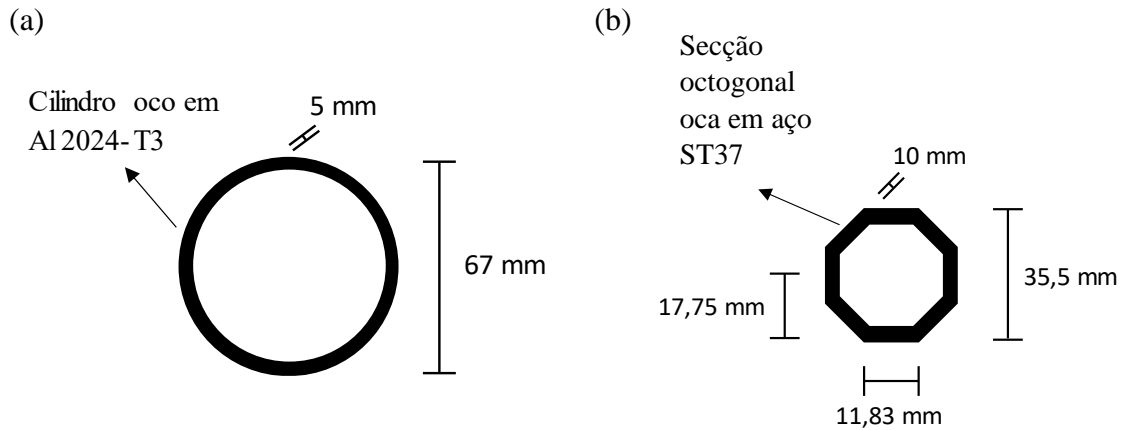


Figura 70 - Representação esquemática do modelo com parte superior cilíndrica oca ( $t = 5 \text{ mm}$ ) em Al 2024-T3/parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 10 \text{ mm}$ ) em aço ST37: (a) secção transversal da parte superior; (b) secção transversal da parte inferior.

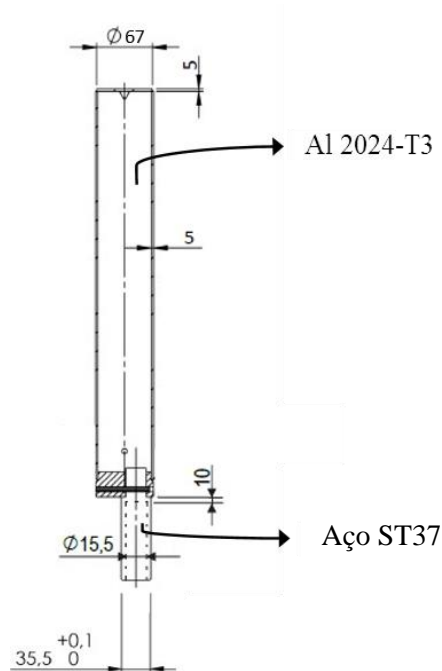


Figura 71 - Representação esquemática do pino de parte superior cilíndrica oca ( $t = 5 \text{ mm}$ ) em Al 2024-T3 e parte inferior de secção octogonal oca ( $t = 10 \text{ mm}$ ) em aço ST37.

Considerando todas as situações a que o pino estaria sujeito, obteve-se, após o cálculo (Apêndice O), um valor real previsto para a massa de 2,95 kg. Pôde-se, então, concluir que, de todos os testes efetuados, este seria a melhor opção, pois considerava todas as situações a que o pino estaria sujeito e iria também apresentar uma redução de massa comparativamente com os pinos atualmente em utilização. Na tabela 5 pode perceber-se, de

uma forma mais resumida, todos os modelos estudados e o valor de massa real prevista obtido para cada um, bem como os seus pontos fracos e fortes.

Após ter-se encontrado o modelo que teoricamente seria considerável, prosseguiu-se para o pedido de orçamento para o fabrico de pinos de teste. O fornecedor definiu um orçamento de 236,25 € para cada unidade, e dado que existem 4700 pinos, resultaria, para se substituírem todos, num custo total de 1110375 €. Analisando o orçamento, concluiu-se que este modelo também não poderia considerar-se aceitável, pois o preço de cada um destes pinos iria ser mais de 10 vezes superior ao valor de fabrico dos pinos utilizados atualmente (cerca de 20 €).

*Tabela 5 - Resumo dos modelos estudados comparando-os com o modelo em utilização atualmente (sem considerar o custo de fabrico).*

Modelo estudado		Massa real prevista (kg)	Pontos fracos	Pontos fortes	Decisão
Parte superior	Parte inferior				
Cilindro oco t=2 mm em aço ST37 + Maciço interior em teflon	Secção octogonal maciça em aço ST37	8,80	○ Massa superior	–	Não viável
Cilindro maciço em nylon 66	Secção octogonal maciça em nylon 66	3,35	○ Baixa resistência. ○ Custo elevado.	○ Massa Inferior	Não viável
Cilindro oco t=3 mm em Al 2024-T3	Secção octogonal maciça em Al 2024-T3	1,50	○ Possibilidade de não suportar os esforços. ○ Desgaste na parte inferior.	○ Massa Inferior	Não viável
Cilindro oco t=5 mm em Al 2024-T3	Secção octogonal maciça em Al 2024-T3	2,30	○ Desgaste na parte inferior	○ Massa Inferior	Não viável
Cilindro oco t=7 mm em Al 2024-T3	Secção octogonal oca t=5 mm em Al 2024-T3	2,50	○ Desgaste na parte inferior	○ Massa Inferior	Não viável
Secção triangular oca t=5 mm em aço ST37	Secção octogonal maciça em aço ST37	4,80	○ Massa superior. ○ Arestas da secção triangular criam desgaste nas platinas.	–	Não viável

Secção oval oca t=5 mm em aço ST37	Secção octogonal oca t=10 mm em aço ST37	6,00	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menor ajuste às platinas.</li> <li>○ Massa superior.</li> </ul>	–	Não viável
Secção octogonal oca t=5 mm em aço ST37	Secção octogonal maciça em aço ST37	4,00	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arestas da secção octogonal superior criam desgaste nas platinas.</li> <li>○ Massa semelhante.</li> </ul>	–	Não viável
Secção octogonal oca t=3 mm em aço ST37	Secção octogonal maciça em aço ST37	2,15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arestas da secção octogonal superior criam desgaste nas platinas.</li> </ul>	○ Massa inferior	Não viável
Cilindro oco t=5 mm em aço ST37	Secção octogonal oca t=14 mm em aço ST37	6,65	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Massa superior</li> </ul>	–	Não viável
Cilindro oco t=3 mm em aço ST37	Secção octogonal oca t=14 mm em aço ST37	4,00	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Massa semelhante</li> </ul>	–	Não viável
Cilindro oco t=3 mm em aço ST37	Secção octogonal oca t=5 mm em aço ST37	4,35	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Massa superior</li> </ul>	–	Não viável
Cilindro oco t=5 mm em Al 2024-T3	Secção octogonal oca t=10 mm em aço ST37	2,95	–	○ Massa inferior	Viável

### 5.2.2. Exoesqueletos

Face à análise efetuada para o material e a geometria dos pinos, ponderou-se que, enquanto alternativa, se podia tentar melhorar o movimento que os operadores realizam para manusear o objeto. Com isto, pensou-se em introduzir a utilização de exoesqueletos, com o objetivo de reduzir o esforço causado pelo movimento. Primeiramente, foi efetuada uma pesquisa sobre este tipo de equipamentos, de modo a encontrar empresas que efetuassem a venda dos mesmos. Encontrou-se a marca Ottobock, tendo sido, então, pedidas informações sobre os equipamentos existentes, referindo os movimentos para os quais seriam utilizados. Com isto, foi transmitido que talvez o melhor equipamento para o efeito fosse o de assistência aos movimentos de ombros, conforme se ilustra na figura 72.



*Figura 72 - Fotografia exoesqueleto para ombros da marca Ottobock em utilização.*

De modo a efetuar a interligação do aparelho recomendado com os movimentos a executar, foram realizadas duas reuniões com o especialista de ergonomia da Autoeuropa. A tabela 6, apresenta os pontos abordados, de modo a conhecer se seria benéfica a aplicação dos exoesqueletos no movimento descrito.

Um dos pontos considerados foi o exoesqueleto de apoio ao movimento de mão, luva da marca Nuada (figura 73), tendo a função de assistir o movimento de aperto dos dedos e assim “substituindo” a força exercida pelos tendões da mão, pois esta aquando do aperto necessário ao equipamento a transportar, “tranca”, deixando o operador de realizar qualquer tipo de esforço. Da análise efetuada, concluiu-se que talvez não fosse um modelo do qual se obtivesse uma diminuição dos esforços no movimento proposto, devido ao facto deste ajudar a segurar os pinos mas mantendo o maior esforço na zona do ombro.

Tabela 6 - Identificação dos pontos abordados nas reuniões com o especialista de ergonomia.

Pontos abordados sobre ergonomia	Respostas
O exoesqueleto só ajuda no movimento pretendido ou a sua utilização também tem algum impacto negativo no operador?	Poderá também ter algum impacto, mas sempre inferior ao impacto negativo causado pelo movimento sem exoesqueleto.
Qual é a diferença dos movimentos com exoesqueleto e sem exoesqueleto?	Com exoesqueleto existe muito menos esforço da zona corporal em questão (ombros) comparativamente com a situação sem exoesqueleto.
A adição da massa do exoesqueleto ao movimento do operador prejudica mais do que o contributo que este dá?	Não, devido à reduzida massa do exoesqueleto (1,9 kg), este fator não prejudicará mais do que o equipamento beneficia o operador.
Irá existir desgaste corporal global do operador ao invés do desgaste local (ex: ombro, lombar, etc..) com a utilização do equipamento?	Possivelmente, devido à área do corpo em causa ser mais aliviada.
O exoesqueleto luva Nuada de apoio ao movimento de mão poderá ser considerado para este movimento?	Não, devido ao facto da mesma ajudar ao movimento de pulso e não de ombro.



Figura 73 - Fotografia do exoesqueleto luva Nuada.

Por fim, após a consideração dos exoesqueletos, acabou por não ser aplicado nenhum dos modelos na operação de movimento dos referidos pinos. Há a possibilidade desta estratégia vir a ser aplicada no futuro, devido ao facto, de, comparativamente com a estratégia de redução de massa dos pinos, apresentar uma melhor relação de benefício/custo. O custo deste equipamento é de, aproximadamente, 2000 € (seria o dobro por existirem dois

operadores que executam este movimento), sendo o valor para implementar os pinos de menor massa muito superior a este.

### 5.2.3. Alternativas à redução de massa dos pinos e à utilização de exoesqueletos

Outras alternativas às duas estratégias referidas anteriormente, que surgiram nas reuniões referentes aos exoesqueletos, foram a possibilidade de se alterar a posição em que os pinos estão armazenados ou alterar a forma de travagem das platinas nas paletes. De modo a facilitar a retirada dos pinos, foi, então, equacionado se seria benéfico colocá-los na vertical, pois, atualmente, estes encontram-se posicionados na horizontal (figura 74). Foi, então, concluído que não seria viável, pois não ficariam na posição a favor do movimento necessário.



*Figura 74 - Fotografia do suporte de arrumação dos pinos das paletes.*

A segunda alternativa considerada seria a forma de travagem das platinas. Pensou-se então, se seria benéfico alterar o sistema utilizado atualmente (travagem com pinos), por um método também utilizado em outras fábricas do grupo, sendo este a realização da travagem por meio de cintas. Neste caso, concluiu-se que não seria algo viável, devido ao facto de

requerer muito investimento em novas paletes, pois as utilizadas neste novo sistema não seriam as mesmas utilizadas atualmente para o sistema de pinos.

#### **5.2.4. Balanço das soluções**

Apesar de não se ter alcançado nenhuma decisão, é possível identificar-se duas hipóteses em que a sua implementação seria viável. São estas, o último modelo estudado do pino, em que este apresentaria redução de massa comparativamente com o modelo em utilização e a outra hipótese seria a introdução de exoesqueletos para assistência ao movimento dos operadores.

Ao momento, ainda não se pode afirmar que se esteja a preparar a implementação de uma das duas hipóteses, mas pode ser algo que no futuro se venha a considerar, devido ao facto das mesmas terem mostrado ser uma solução para o problema existente.

### 5.3. Projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas

O projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas, tem como objetivo facilitar os operadores nesta ação, reduzindo assim a probabilidade dos mesmos virem a ter lesões no futuro. Para isto, pensou-se que ao invés do método utilizado ao momento, poderia ser utilizado um mecanismo do tipo manipulador, que pudesse efetuar o movimento e, ao mesmo tempo, que fosse de fácil manuseamento, tanto no movimento dos pinos como no movimento do próprio equipamento entre as diversas prensas.

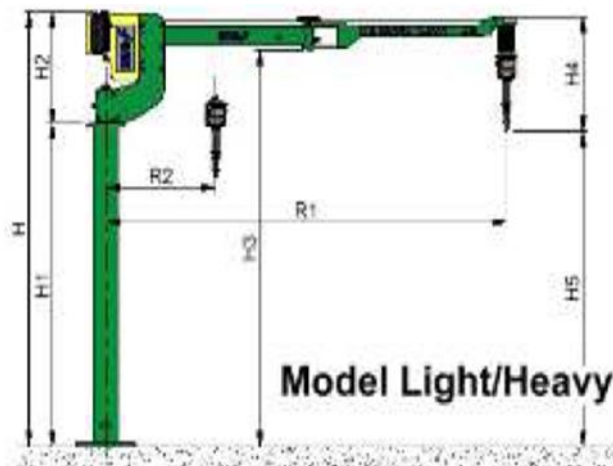
Iniciou-se este projeto, com a identificação do manipulador que se poderia utilizar. Esta etapa foi de fácil resolução, dado existir na fábrica um manipulador que não estaria a ser utilizado e que, devido à sua tipologia, poderia efetuar o movimento necessário (figura 75).



*Figura 75 - Manipulador Indeva L80CL.*

Trata-se de um manipulador da marca Indeva e modelo L80CL, que apresenta uma capacidade de carga máxima de 80 kg com um comprimento de lança máximo de 2500 mm. As especificações do manipulador podem encontrar-se na figura 76.

(a)



(b)

<b>Column size</b>	<b>Light</b>
<b>Gross load cap. *(Kg)</b>	80
<b>Max vert stroke (mm)</b>	2800
<b>R1 (mm)</b>	2500
<b>R2 (mm) out-of-reach area</b>	450
<b>H (mm)</b>	2425
<b>H1 (mm)</b>	1800
<b>H2 (mm)</b>	625
<b>H3 (mm)</b>	2209
<b>H4 (mm) **</b>	657
<b>H5 (mm) **</b>	1733
<b>Max rotation around column axis (deg)</b>	375°
<b>Weight (tool head not included) (kg)</b>	165

Figura 76 – (a) Representação esquemática do manipulador Indeva L80CL. (b) Tabela de especificações do manipulador Indeva L80CL.

Transportou-se, então, o manipulador para junto de uma das prensas, de modo a identificar-se como se iria manipular o equipamento no contexto para que estava a ser adaptado. Após o seu transporte, concluiu-se, que para este poder efetuar o movimento pretendido, teria de se criar uma peça que permitisse a ligação entre o manipulador e os pinos a movimentar (figura 77).



Figura 77 - Fotografia do adaptador criado para permitir a ligação entre o manipulador e os pinos.

Com o adaptador produzido, partiu-se, então, para o teste do mesmo. Para isto, acoplou-se o adaptador ao braço do manipulador, conforme se ilustra figura 78, para, de seguida, se efetuar o movimento dos pinos das mesas, de modo a concluir se o equipamento seria “utilizável” pelos operadores.



*Figura 78 - Fotografia do adaptador acoplado ao braço do manipulador.*

Após ser feito o teste do equipamento (manipulador + adaptador) no movimento dos pinos das mesas, foi possível concluir que não seria um equipamento que adicionasse produtividade à operação realizada pelos trabalhadores, pelo que, apesar de poder aliviar a carga exercida pelos mesmos no movimento em causa, considerou-se oportuno manter o procedimento atualmente adotado para a movimentação dos pinos.

#### **5.4. Projeto de conceção de *layouts* para locais de armazenamento de ferramentas**

O projeto de conceção de *layouts* para locais de armazenamento de ferramentas, tem como objetivo a criação de *layouts* para diversos parques de armazenamento de ferramentas (de corte e de moldagem) e de paletes, para os parques existentes no interior da área de prensas e também de um parque existente no exterior dos edifícios da fábrica.

Para a reorganização dos parques de ferramentas decidiu-se então transferir as ferramentas que se encontravam no interior da área de prensas, e que tinham deixado de ser utilizadas, para um espaço existente no exterior; após esta movimentação seriam transferidas as ferramentas do armazém norte para os restantes parques existentes no interior da área de prensas gerindo-se assim a quantidade de ferramentas existente, de modo a conseguir-se armazenar tudo.

Para a criação dos *layouts*, foi utilizado o software *Excel*, onde a metodologia definida para o efeito consistiu em definir a dimensão em metros que cada quadrícula iria representar. Esta dimensão seria menor quanto maior fosse a precisão necessária, tendo em conta o valor decimal da dimensão de cada parque ou de cada ferramenta/paleta para se obter um *layout* o mais real possível. Para a dimensão que cada quadrícula representaria utilizaram-se dois valores, 0,10 m para alguns casos e 0,20 m para outros. Nos casos em que não era possível definir no *layout* as dimensões reais (devido à dimensão definida para cada quadrícula), optou-se por arredondar as mesmas para o valor seguinte que se conseguiria representar. Assim, sendo definido para cada quadrícula o valor de 0,10 m e existindo, por exemplo, a necessidade de representar uma dimensão de 6,15 m, então, de modo a que ao aplicar o *layout* na realidade não faltasse espaço, representar-se-ia na construção do mesmo uma dimensão de 6,20 m. Em todos os *layouts* teve-se em atenção deixar entre as ferramentas/paletes a distância necessária de segurança para os operadores se poderem movimentar.

Com a realização destes *layouts* e com a sua posterior implementação, foi possível perceber que, considerando as medidas por excesso, como foi referido no exemplo anterior e outras mais de segurança, não só se conseguiu alocar todos os equipamentos no espaço pretendido como também se ocupou menos espaço do que o previsto.

Nas figuras 79 e 80 pode visualizar-se o primeiro e o segundo *layout*, respetivamente, criados para o parque situado no exterior da fábrica. Nestes pode-se identificar vários

retângulos/quadrados (ferramentas) com diferentes nomenclaturas. As referências “prensagem” e “p” representam as ferramentas de prensagem (ou moldagem) pertencentes às várias máquinas existentes na fábrica (quanto maior a ferramenta maior será a peça produzida por esta). Relativamente à referência “corte”, esta representa as ferramentas pertencentes à máquina de corte de bobines (utilizadas para se obterem as platinas). O critério para a definição do posicionamento de cada tipo de ferramentas partiu da ótica de se colocar as de maior massa mais próximas do local onde iria operar a grua, de modo a que a mesma tivesse mais facilidade em movimentá-las, sendo que de contrário a mesma estaria em maior esforço e em caso extremo poderia até inviabilizar o seu levantamento.

Para o espaço entre ferramentas foi considerada uma dimensão suficientemente necessária para que os operadores realizassem os trabalhos em segurança; foram considerados os dois modelos de *layout* atrás referidos, pois, mesmo apesar de se ter conseguido armazenar todas as ferramentas no espaço com o primeiro *layout*, achou-se que a organização do mesmo podia ser melhorada tentando agrupar-se as ferramentas do mesmo tipo.

Pode-se assim concluir que neste projeto se atingiu o objetivo traçado, dado que se viabilizou o armazenamento, nestes espaços, das ferramentas a estes destinadas.

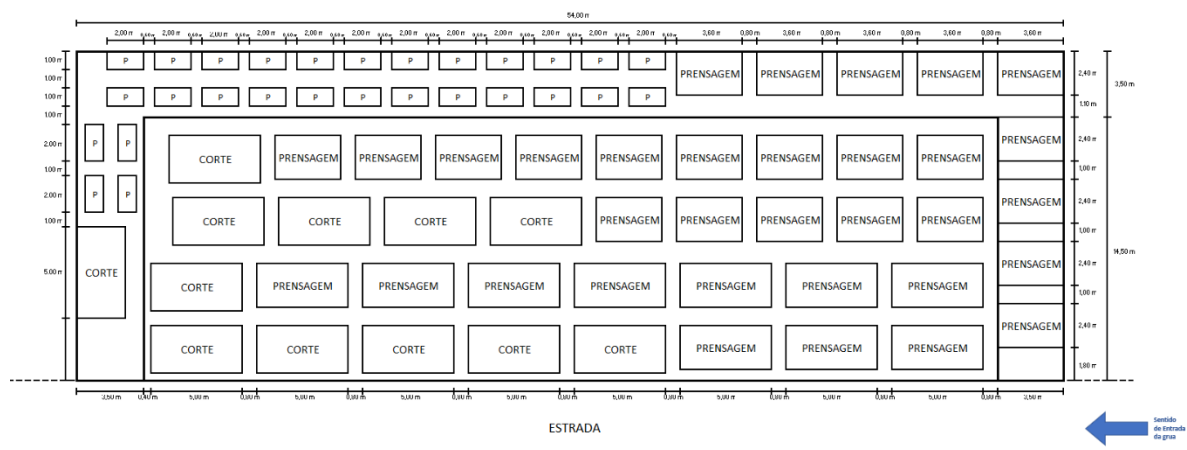


Figura 79 - Representação esquemática do primeiro layout criado para o parque exterior.



## 6. Conclusões

O presente trabalho final de mestrado, realizado sob a forma de estágio de natureza profissional na Volkswagen Autoeuropa, teve como objetivo global a implementação de projetos de melhoria de processos de fabrico.

No que respeita ao projeto de organização do heliporto concluiu-se, após vários estudos, que era possível armazenar todas as ferramentas pretendidas. Para este efeito, considerou-se reorganizar o espaço de modo a conseguir otimizá-lo viabilizando o maior número destas ferramentas no mesmo. O maior desafio neste projeto, tratou-se de encontrar o *layout* que conseguisse satisfazer as condições impostas.

Relativamente ao projeto de definição dos pinos das paletes de platinas é possível concluir, que para se chegar ao objetivo pretendido, terá de ser aplicada a versão do pino que em termos de estudo foi considerada viável (sem considerar o custo de produção), ou então a estratégia do exoesqueleto Ottobock de assistência ao movimento de ombros. Para a realização deste projeto foi necessário ter em conta os diferentes tipos, tanto de materiais como de geometrias que poderiam ser utilizados, e se estes seriam elegíveis para os esforços em causa. Nestes estudos foi sempre necessário ter-se em consideração a massa que os pinos viriam a ter, sendo a redução desta, o aspeto para o qual o projeto tinha sido sugerido. Mais tarde, foram também incluídos os exoesqueletos, área esta onde não existia de todo conhecimento e onde foi necessário efetuar uma pesquisa de forma a conhecer o seu funcionamento, percebendo-se o que estes implicam não só no movimento de equipamentos, mas também no movimento do próprio operador.

Em relação ao projeto de movimentação dos pinos das mesas das prensas, concluiu-se que não seria possível introduzir o mecanismo considerado no movimento em causa, pois mesmo cumprindo o objetivo do projeto (facilitar os operadores para evitar lesões futuras), este reduzia a produtividade dos trabalhos. Este projeto, apesar de se ter tratado fundamentalmente de identificação e adaptação de um equipamento já existente ao movimento de retirar/colocar os pinos, foi um projeto que teve os seus desafios, nomeadamente na identificação de que mecanismo se poderia criar de modo a fazer a ligação entre o manipulador e os pinos.

Pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram alcançados, mesmo apesar dos projetos ainda não terem sido implementados. Conseguiu-se encontrar estratégias que

poderiam ajudar a resolver o problema, mesmo algumas não sendo perfeitas, como por exemplo o modelo encontrado para os pinos das paletes de platinas, que, apesar de apresentarem peso menor que os utilizados atualmente e aguentarem as cargas a que estariam sujeitos, apresentavam um custo bastante elevado. Já o mecanismo para movimentar os pinos das mesas das prensas, apesar de se tratar de um instrumento que se percebeu que traria benefício para o movimento em causa, percebeu-se também que não poderia ser utilizado devido ao facto de reduzir a produtividade do processo.

Existiram algumas limitações no decorrer do estágio, tratando-se das principais a escassez de tempo para acompanhar a implementação dos projetos, nomeadamente do projeto de organização do heliporto. Este, devido a toda a logística de movimentação de ferramentas, trata-se de um projeto de longa duração, sendo que, caso o período de estágio fosse mais extenso, talvez tivesse sido possível observar a implementação do mesmo.

Em síntese, pode-se afirmar que o decurso do referido estágio se tratou de um período bastante enriquecedor, tendo servido para consolidar e obter diversos conhecimentos, sendo uma mais valia para a futura integração no mercado de trabalho e servindo como base para ultrapassar futuros novos desafios. A realização destes projetos foi algo bastante benéfico para o desenvolvimento pessoal, pois foi possível abordar temas em áreas que ainda não eram conhecidas, nomeadamente na área da logística, não obstante estes não terem sido colocados em prática na totalidade por parte da fábrica.

## **7. Propostas de trabalho futuro**

No futuro seria importante, além do trabalho já realizado, desenvolver uma nova etapa em cada um de dois dos projetos realizados.

Um dos aspetos, tratar-se-ia de realizar uma análise de elementos finitos para o projeto de definição dos pinos das paletes de platinas, de modo a que viesse a existir uma análise mais concreta, sem ser somente considerada a experiência da empresa relativamente ao tema.

Relativamente ao projeto de organização do heliporto é possível afirmar que, caso o trabalho efetuado fosse continuado, poder-se-ia desenvolver mais a questão de implementação do rastreamento de ferramentas, podendo-se explorar mais profundamente o sistema a utilizar com o intuito de encontrar uma técnica que permitisse a adaptação integral do mesmo à situação existente.

## Referências bibliográficas

- [1] Gonzalez, R., Martins, M. (2011). Melhoria contínua e aprendizagem organizacional: múltiplos casos em empresas do setor automobilístico. *Gestão & Produção*, Volume: 473 – 486.
- [2] Gonzalez, R., Martins, M. 2007. “Continuous improvement in ISO 9001:2000 environment: Case study in two companies of automotive sector”.  
[https://www.researchgate.net/publication/262655477\\_Continuous\\_improvement\\_in\\_ISO\\_90012000\\_environment\\_Case\\_study\\_in\\_two\\_companies\\_of\\_automotive\\_sector](https://www.researchgate.net/publication/262655477_Continuous_improvement_in_ISO_90012000_environment_Case_study_in_two_companies_of_automotive_sector).
- [3] Santos, D., Santos, B., Santos, C. (2021). Implementation of a standard work routine using Lean Manufacturing tools: A case Study. *Gestão & Produção*, Volume 28.
- [4] Bartz, B., Paula, A., Weise, A. D., & Ruppenthal, J. E. (2013) Aplicação da manufatura enxuta em uma indústria de equipamentos agrícolas. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 147 – 158.
- [5] Santos, R. F., Alves, J. M. (2015). Proposta de um modelo de gestão integrada da cadeia de suprimentos: aplicação no segmento de eletrodomésticos. *Production*, 125 – 142.
- [6] Patriota, B. 2019. “OS 8 DESPERDÍCIOS LEAN MANUFACTURING”.  
<https://www.linkedin.com/pulse/os-8-desperd%C3%ADcios-lean-manufacturing-bruno-patriota-soares/?originalSubdomain=pt>
- [7] Maarof, M., Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. Em: *Procedia Economics and Finance*. 2015, Elsevier. 522 – 531.
- [8] Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. Em: *Procedia Engineering*. Ahmedabad, India 6-8 Dezembro 2012, Elsevier, 592 – 599.

- [9] Crisóstomo, E., Jiménez, J. (2021). Application of Lean Manufacturing (5s and Kaizen) to Increase the Productivity in the Aqueous Adhesives Production Area of a Manufacturing Company. *Industrial Data*, Volume 24.
- [10] Jaiswal, H. 2016. “The Importance of Kaizen in Project Development: A Project Manager’s Perspective”.  
<https://medium.com/@jaiswalharsh27702/the-importance-of-kaizen-in-project-development-a-project-managers-perspective-6b75337087c8>
- [11] Fontes, E., Loos, M. (2016). Application of Kaizen methodology: a case study in a textile industry in center west of Brazil. *Revista Espacios*, Volume 38.
- [12] Avante. s.d. "Gestão de obras". Acedido a 20 de Outubro de 2023.  
<https://www.avante-mi.com.br/gest%C3%A3o-de-obras>
- [13] Harea, C. V., Marian, L., Moica, S., Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. Em: *Procedia Manufacturing*. Targu Mures, Roménia 5-6 Outubro 2017, Elsevier, 900 – 905.
- [14] Muotka, S., Togiani, A., Varis, J. (2023). A Design Thinking Approach: Applying 5S Methodology Effectively in an Industrial Work Environment. Em: *Procedia CIRP*. Elsevier. 363 – 370.
- [15] Marques, J. s.d. "Quais são os erros mais comuns na implementação do 5S?". Acedido a 28 de Setembro de 2023.  
<https://jrmcoaching.com.br/blog/quais-sao-os-erros-mais-comuns-na-implementacao-do-5s/>
- [16] Omogbai, O., Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. Em: *Procedia CIRP*. Cranfield University, UK 10th –12th May 2017, Elsevier. 380 – 385.

[17] Labone s.d. "Six Sigma: O que é ? E como aplicar essa metodologia?". Acedido a 27 de Setembro de 2023.

<https://www.laboneconsultoria.com.br/o-que-e-seis-sigma/>

[18] Cançado, T., Cançado, F., Torres, M. (2019). Lean Seis Sigma e anestesia. *Brazilian Journal of Anesthesiology*. 502 – 509.

[19] Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, Volume 9, Issue 3.

[20] Mwanza, B. G., Mbohwa, C. (2015). Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company. Em: *Procedia Manufacturing*. Yogyakarta, Indonesia 1-2 Setembro 2015, Elsevier, 461 – 470.

[21] Arromba, I., Anholon, R., Rampasso, I., Silva, D., Quelhas, O., Santa-Eulalia, L., Filho, W. (2021). Difficulties observed when implementing Total Productive Maintenance (TPM): empirical evidences from the manufacturing sector. *Gestão & Produção*, Volume 28.

[22] Singh, S., Agrawal, A., Sharma, D., Saini, V., Kumar, A., Praveenkumar, S. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry. *Inventions*, Volume 7.

[23] Shannon, N., Trubetskaya, A., Iqbal, J., McDermott, O. (2023). A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma. *Heliyon*, Volume 9, Issue 10.

[24] Musthopa, Harsanto, B., Yunani, A. (2023). Electric power distribution maintenance model for industrial customers: Total productive maintenance (TPM), reliability-centered maintenance (RCM), and four-discipline execution (4DX) approach. *Energy Reports*, Volume 10.

[25] Celerate s.d. " Manutenção Produtiva Total – TPM". Acedido a 24 de Outubro de 2023.

<https://celerate.com.br/cursos/manutencao-produtiva-total-tpm/>

[26] Teffo, M. C., Sigama, K., Kanobe, F. (2023). A contextualised model of the use of agile technique in South African software development team. *South African Journal of Information Management*, Volume 25: 1 – 9.

[27] Vego, R., Pinto, G., Ribeiro, F., Spiegel, T. (2022). Pull processes in health care: a systematic literature review. *Gestão & Produção*, Volume 29.

[28] Cavallari, R. 2019. “Quais são os tipos de Kanban e como utilizar?”.

<https://blog.delogic.com.br/quais-sao-os-tipos-de-kanban-e-como-utilizar/>

[29] Lenort, R., Stas, D., Holman, D., Wicher, P. (2017). A3 Method as a Powerful Tool for Searching and Implementing Green Innovations in an Industrial Company Transport. Em: *Procedia Engineering*. High Tatras, Slovakia 31 Maio - 2 Junho 2017, Elsevier, 533 – 538.

[30] Lean Enterprise Institute s.d. "A3 Report". Acedido a 24 de Outubro de 2023.

<https://www.lean.org/lexicon-terms/a3-report/>

## Apêndices

### Apêndice A – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 3,5 m mais largo

Corredor 3,5m				
Placas 6 níveis, ferram. 2 níveis				
Secção (t)	Área existente/peso (m2)	Área total ocupada ferramentas (m2)	Dif. área ferr. e área existente	Conclusão
40 t até 50 t	757,65	618,8	138,85	OK
25 t até 39 t	1086,165	1282,9	-196,735	Precisa-se mais área
10 t até 24 t	1585,508	1711,2	-125,692	Precisa-se mais área
Até 9 t	250,367	299,7	-49,333	Precisa-se mais área
			*Parte das ferramentas que sobraram de "25 t até 39 t" poderiam ser colocadas na secção "40 t até 50 t".	

### Apêndice B – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 9 m (empilhamento a 6 e 2 níveis)

Corredor 9m C/ Placas 6 Níveis, Ferram. 2 Níveis				
Secção (t)	Área existente/peso (m2)	Área total ocupada ferramentas (m2)	Dif. área ferr. e área existente	Conclusão
50/40	1049,4748	618,8	430,6748	OK
39 → 35	220,346	309,4	-89,054	Precisa-se mais área
34 → 25	758,989	973,5	-214,511	Precisa-se mais área
24 → 10	1121,742	1711,2	-589,458	Precisa-se mais área
9 → 7	250,367	299,7	-49,333	Precisa-se mais área
				*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"
				*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"
				*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"

### Apêndice C – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 9 m (empilhamento a 8 e 3 níveis)

Corredor 9m, Placas 8 Níveis, 10T e 7T 3 Níveis				
Secção (t)	Área existente/peso (m2)	Área total ocupada ferramentas (m2)	Dif. área ferr. e área existente	Conclusão
50/40	1049,4748	618,8	430,6748	OK
39 → 35	220,346	309,4	-89,054	Precisa-se mais área
34 → 25	758,989	973,5	-214,511	Precisa-se mais área
24 → 10	1121,742	1192,32	-70,578	Precisa-se mais área
9 → 7	250,367	199,8	50,567	OK
				*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"
				*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"
				*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"

## Apêndice D – Cálculo das áreas das secções para modelo de corredor 9 m (empilhamento a 10 e 3 níveis)

Secção (t)	Área existente/peso (m2)	Área total ocupada ferramentas (m2)	Dif. área ferr. e área existente	Conclusão	
50/40	1049,4748	618,8	430,6748	OK	
39 → 35	220,346	309,4	-89,054	Precisa-se mais área	*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"
34 → 25	758,989	973,5	-214,511	Precisa-se mais área	*Podem-se colocar na "40 t até 50 t"
24 → 10	1121,742	1099,584	22,158	OK	
9 → 7	250,367	199,8	50,567	OK	

## Apêndice E – Cálculo da massa do pino em utilização atualmente

Massa real do pino	4,04	kg
Volume cilindro oco t = 3 mm (parte sup.)	0,0002	m <sup>3</sup>
Volume secção octogonal maciça (parte inf.)	0,0001	m <sup>3</sup>
V_pino = V_parte_sup. + V_parte_inf.	0,0003	m <sup>3</sup>
Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>
Massa teórica pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	0,003 x 7900 = 2,37	kg
Discrepância entre massa real e massa teórica do pino em utilização (4,04 kg e 2,37 kg)	59	%

**Apêndice F – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 2 mm) em aço ST37 + maciço interior em teflon e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37**

V_cilindro_maciço (parte sup.)	0,0016	m <sup>3</sup>
V_parte_oca (considerando cilindro com t=2mm) (parte sup.)	0,00143	m <sup>3</sup>
V_parte_teflon (parte sup.) = V_parte_oca (considerando cilindro com t=2mm) (parte sup.)	0,00143	m <sup>3</sup>
V_parte_sup_t=2mm = V_cilindro_maciço (parte sup.) - V_parte_teflon (parte sup.)	0,0016 - 0,00143 = 0,00017	m <sup>3</sup>
Densidade_teflon	2200	kg/m <sup>3</sup>
m_parte_teflon = V_parte_teflon (parte sup.) x Densidade_teflon	0,00143 x 2200 = 3,14	kg

Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>
m_parte_sup_t=2mm = V_parte_sup_t=2mm x Densidade_aço_ST37	0,00017 x 7900 = 1,34	kg
V_parte_inf = V_secção_ocotogonal	0,0001	m <sup>3</sup>
m_parte_inf = V_parte_inf x Densidade_aço_ST37	0,00010 x 7900 = 0,79	kg
m_pino = m_parte_teflon + m_parte_sup_t=2mm + m_parte_inf	5,27 kg (sem discrepância)	8,78 kg (com discrepância)

**Apêndice G – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica maciça em nylon 66 e parte inf. de secção octogonal maciça em nylon 66**

V_parte_sup_maciça (cilindro)	0,0016	m <sup>3</sup>
Densidade_Nylon66	1140	kg/m <sup>3</sup>
m_parte_sup = V_parte_sup_maciça x Densidade_Nylon66	0,0016 x 1140 = 1,89	kg
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>
m_parte_inf = V_parte_inf_maciça x Densidade_Nylon66	0,0001 x 1140 = 0,114	kg
m_pino = m_parte_sup + m_parte_inf	2,01 kg (sem discrepância)	3,35 kg (com discrepância)

**Apêndice H – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 3 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal maciça em Al 2024-t3; e do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 5 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal maciça em Al 2024-t3**

V_parte_sup_maciça (cilindro)	0,0016	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>	
<b>PARA PARTE CILINDRICA OCA (PARTE SUP.) COM T=3MM:</b>			
V_parte_oca_parte_sup (considerando cilindro com t=3mm)	0,0014	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup_maciça (cilindro) - V_parte_oca_parte_sup (considerando cilindro com t=3mm)	0,0016 - 0,0014 = 0,0002	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_maciça	0,0002 + 0,0001 = 0,0003	m <sup>3</sup>	

Densidade_Al2024-T3	2699	kg/m <sup>3</sup>	
m_pino = V_pino x Densidade_Al2024-T3	0,90 kg (sem discrepância)	1,50 kg (com discrepância)	
<b>PARA PARTE CILINDRICA OCA (PARTE SUP.) COM T=5MM:</b>			
V_parte_oca_parte_sup (considerando cilindro com t=5mm)	0,0012	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup (cilindro maciço) - V_parte_oca_parte_sup (considerando cilindro com t=5mm)	0,0016 - 0,0012 = 0,0004	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf	0,0004 + 0,0001 = 0,0005	m <sup>3</sup>	

m_pino		
=		
V_pino	1,40 kg	2,30 kg
x	(sem discrepância)	(com discrepância)
Densidade_Al2024-T3		

**Apêndice I – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 7 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 5 mm) em Al 2024-t3**

V_parte_sup_maciça (cilindro)	0,0016	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_sup (considerando cilindro com t=7mm)	0,0011	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup_maciço (cilindro) - V_parte_oca_parte_sup (considerando cilindro com t=7mm)	0,0016 - 0,0011 = 0,0005	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=5mm)	0,00005	m <sup>3</sup>	


V_parte_inf_oca = V_parte_inf_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=5mm)	0,0001 - 0,00005 = 0,00005	m <sup>3</sup>
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_oca	0,0005 + 0,00005 = 0,00055	m <sup>3</sup>
Densidade_Al2024-T3	2699	kg/m <sup>3</sup>
m_pino = V_pino x Densidade_Al2024-T3	1,50 kg (sem discrepância)	2,50 kg (com discrepância)

**Apêndice J – Cálculo da massa do pino de parte sup. de secção triangular oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37**

V_parte_sup_maciça (secção triangular)	0,000575	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_sup (considerando secção triangular com t=5mm)	0,000368	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup_maciça (secção triangular) - V_parte_oca_parte_sup (considerando secção triangular com t=5mm)	0,000575 - 0,000368 = 0,000267	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,000267 + 0,0001 = 0,000367	m <sup>3</sup>	

Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>
m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	2,90 kg (sem discrepância)	4,80 kg (com discrepância)

**Apêndice K – Cálculo da massa do pino de parte sup. de secção oval oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 10 mm) em aço ST37**

V_secções_semi-círculos (parte superior)	0,00073	m <sup>3</sup>	
V_secção_rectangular (parte superior)	0,00031	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_maciça (secção oval) = V_secções_semi-círculos (parte superior) + V_secção_rectangular (parte superior)	0,00073 + 0,00031 = 0,00104	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_sup (considerando secção oval com t=5mm)	0,0006815	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup_maciça (secção oval) - V_parte_oca_parte_sup (considerando secção oval com t=5mm)	0,00104 - 0,0006815 = 0,00036	m <sup>3</sup>	

V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>
V_parte_oca_parte_inf (considerando secção circular com d=25mm)	0,000049	m <sup>3</sup>
V_parte_inf_oca = V_parte_inf_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_inf (considerando secção circular com d=25mm)	0,0001 - 0,000049 = 0,000095	m <sup>3</sup>
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_oca	0,00036 + 0,000095 = 0,000455	m <sup>3</sup>
Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>
m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	3,60 kg (sem discrepância)	6,00 kg (com discrepância)

**Apêndice L – Cálculo da massa do pino de parte sup. de secção octogonal oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37; e do pino de parte sup. de secção octogonal oca (t = 3 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal maciça em aço ST37**

V_parte_sup_maciça (secção octogonal)	0,00093	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>	
Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>	
<b>PARA SECÇÃO OCTOGONAL OCA (PARTE SUP.) COM T=5MM:</b>			
V_parte_oca_parte_sup (secção circular)	0,00073	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_sup (secção circular)	0,00093 - 0,00073 = 0,0002	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0002 + 0,0001 = 0,0003	m <sup>3</sup>	

m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	2,40 kg (sem discrepância)	4,00 kg (com discrepância)	
<b>PARA SECÇÃO OCTOGONAL OCA (PARTE SUP.) COM T=3MM:</b>			
V_parte_oca_parte_sup (secção circular)	0,000867	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca = V_parte_sup_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_sup (secção circular)	0,00093 - 0,000867 = 0,000063	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,000063 + 0,0001 = 0,000163	m <sup>3</sup>	
m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	1,30 kg (sem discrepância)	2,15 kg (com discrepância)	

**Apêndice M – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 5 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 14 mm) em aço ST37; e de parte sup. cilíndrica oca (t = 3 mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 14 mm) em aço ST37**

<b>PARA SECÇÃO OCTOGONAL OCA (PARTE SUP.) COM T=5MM:</b>			
V_parte_sup_oca	0,0004	m <sup>3</sup>	calculado anteriormente
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=14mm)	0,00000375	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_oca = V_parte_inf_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=14mm)	0,0001 - 0,00000375 = 0,000097	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_oca	0,0004 + 0,000097 = 0,000497	m <sup>3</sup>	

Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>	
m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	4,00 kg (sem discrepância)	6,65 kg (com discrepância)	
<b>PARA SECÇÃO OCTOGONAL OCA (PARTE SUP.) COM T=3MM:</b>			
V_parte_sup_oca	0,0002	m <sup>3</sup>	<b>calculado anteriormente</b>
V_parte_inf_oca	0,000097	m <sup>3</sup>	
V_pino = V_parte_sup_oca + V_parte_inf_oca	0,0002 + 0,000097 = 0,000297	m <sup>3</sup>	
m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	2,40 kg (sem discrepância)	4,00 kg (com discrepância)	

**Apêndice N – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca ( $t = 3$  mm) em aço ST37 e parte inf. de secção octogonal oca ( $t = 5$  mm) em aço ST37**

V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,000109	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=5mm)	0,0000375	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_oca = V_parte_inf_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=5mm)	0,000109 - 0,0000375 = 0,0000715	m <sup>3</sup>	
V_parte_sup_oca (cilindro com t=3mm)	0,00026	m <sup>3</sup>	<b>calculado anteriormente</b>
V_pino = V_parte_sup_oca (cilindro com t=3mm) + V_parte_inf_oca	0,00026 + 0,0000715 = 0,000332	m <sup>3</sup>	

Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>
m_pino = V_pino x Densidade_aço_ST37	2,62 kg (sem discrepância)	4,35 kg (com discrepância)

**Apêndice O – Cálculo da massa do pino de parte sup. cilíndrica oca (t = 5 mm) em Al 2024-t3 e parte inf. de secção octogonal oca (t = 10 mm) em aço ST37**

V_parte_sup_oca (cilindro oco com t=5mm)	0,0004	m <sup>3</sup>	<b>calculado anteriormente</b>
V_parte_inf_maciça (secção octogonal)	0,0001	m <sup>3</sup>	
V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=10mm)	0,000016	m <sup>3</sup>	
V_parte_inf_oca = V_parte_inf_maciça (secção octogonal) - V_parte_oca_parte_inf (considerando secção octogonal com t=10mm)	0,0001 - 0,000016 = 0,000084	m <sup>3</sup>	
Densidade_aço_ST37	7900	kg/m <sup>3</sup>	
Densidade_Al2024-T3	2699	kg/m <sup>3</sup>	

$m_{\text{parte\_inf\_oca}} = V_{\text{parte\_inf\_oca}} \times \text{Densidade\_aço\_ST37}$	<p style="text-align: center;">0,67 (sem discrepância)</p>	<p style="text-align: center;">kg</p>
$m_{\text{parte\_sup\_oca}} = V_{\text{parte\_sup\_oca}} \times \text{Densidade\_Al2024-T3}$	<p style="text-align: center;">1,10 (sem discrepância)</p>	<p style="text-align: center;">kg</p>
$m_{\text{pino}} = m_{\text{parte\_sup\_oca}} + m_{\text{parte\_inf\_oca}}$	<p style="text-align: center;">1,77 kg (sem discrepância)</p>	<p style="text-align: center;">2,95 kg (com discrepância)</p>