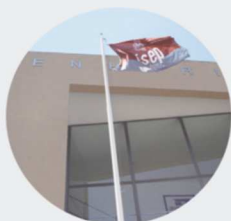




ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL

LARA PATRÍCIA LOPES CAMPOS

agosto de 2020



ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL

LARA PATRÍCIA LOPES CAMPOS

Junho de 2020

ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL

Lara Patrícia Lopes Campos
1111465

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL

Lara Patrícia Lopes Campos
1111465

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes Silva, e coorientação da Doutora Sandra Cristina de Faria Ramos e Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutora Isabel Cristina Silva Barros Rodrigues Mendes Pinto
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutora Sandra Cristina de Faria Ramos
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

As minhas primeiras palavras de agradecimento são para a empresa Fico Cables, pela oportunidade de estágio proporcionada. Em seguida à Engenheira Sónia Alves por toda a sua disponibilidade e partilha de conhecimento. Um agradecimento também ao Engenheiro Filipe Teixeira e ao Engenheiro Francisco Ferreira por todo o auxílio e acompanhamento no desenrolar do projeto.

Um agradecimento muito especial ao meu orientador do ISEP, Engenheiro Francisco Silva, por toda a sua dedicação, disponibilidade e acima de tudo, pela sua compreensão durante todo este percurso.

À Engenheira Sandra Ramos e ao Engenheiro Luís Pinto Ferreira, por toda a disponibilidade e acompanhamento incansável.

À minha família, aos meus pais por acreditarem em mim, pelo carinho e o apoio incondicional ao longo deste percurso. À minha irmã, pelo exemplo de dedicação e coragem na luta pela conquista dos nossos objetivos.

Não poderia deixar de agradecer ao Ricardo, por ser a pessoa que é, por todo o incentivo, motivação e sobretudo pelo carinho e dedicação.

Aos meus amigos e colegas de curso que sempre estiveram presentes e me motivaram ao longo da minha passagem pelo ISEP.

Ao João, que me acompanhou neste processo todo, por tudo.

PALAVRAS CHAVE

Indústria automóvel; *Layout*; Melhoria dos fluxos; *Systematic Layout Planning*; *Analytic Hierarchy Process*; Redução de fluxo de materiais; Fluxo de materiais; Redução de custos.

RESUMO

A produção automóvel está incorporada numa indústria em constante desenvolvimento e, como tal, as entidades que fornecem componentes para esta indústria necessitam de acompanhar os avanços tecnológicos, desenvolvendo sistemas inovadores que permitam otimizar os processos de fabrico associados.

A dissertação aqui apresentada, foi realizada em contexto industrial na empresa Fico Cables, no departamento de *Supply Chain*. O problema abordado consistiu na definição da estratégia industrial a adotar, perante a necessidade de implantação de uma nova unidade fabril.

O foco do projeto está associado à elaboração do *layout* fabril da nova nave industrial, otimizando assim os fluxos de material existentes e reestruturando as áreas de fabrico. Para tal, avaliou-se a estrutura inicial da empresa, analisando cada área de fabrico, ao nível de produtos, processos de fabrico, número de equipamentos, fluxos, tanto entre as diferentes áreas como os fluxos internos dentro de cada uma dessas áreas de fabrico.

Para a elaboração do *layout* final, recorreu-se ao suporte de duas ferramentas, nomeadamente, o *Systematic Layout Planning*, para desenvolver várias alternativas de *layout*, e o *Analytic Hierarchy Process*, uma ferramenta de análise multicritério baseada em dados numéricos, a qual permitiu selecionar a melhor alternativa apresentada. Esta última, consiste na comparação das diferentes alternativas, de acordo com os critérios definidos. Os critérios selecionados pela administração da empresa, consistiram na minimização dos fluxos, contribuindo assim para um aumento de produtividade, menores custos de transferência de equipamentos e maximização da flexibilidade, ou seja, otimizar os *layouts* das áreas de fabrico, permitindo a libertação de espaços para futuras expansões. Assim, definiu-se a estratégia a aplicar e procedeu-se à transferência dos equipamentos, avaliando as suas restrições/limitações.

Com a implantação desta estratégia, os ganhos foram visíveis em vários aspetos, nomeadamente, minimização de transportes, distâncias e tempos associados aos fluxos de materiais, correspondendo a uma redução de cerca de 23% em relação aos fluxos iniciais, bem como à maximização e melhoria das áreas produtivas, eliminando algumas áreas alugadas, o que induziu uma redução de 50% de custos neste aspeto. De salientar que durante a fase de implantação, a empresa adotou estratégias que contribuíram para a redução do investimento estimado em 10%.

KEYWORDS

Automotive industry; New factory; Layout; Flows optimization; Systematic Layout Planning; Analytic Hierarchy Process; Materials flow reduction; Materials flow; Cost reduction.

ABSTRACT

Automotive industry is incorporated in an industrial sector in constant development and, as such, the entities that supply components for this industry need to keep up with technological advances, developing innovative systems that allow the optimization of the associated manufacturing processes.

The dissertation presented here was carried out in an industrial context at the Fico Cables company, in the Supply Chain department. The problem addressed was the definition of the industrial strategy to be adopted, regarding the implementation of a new industrial building.

The focus of the project is associated with the elaboration of the manufacturing layout of the new industrial building, thus optimizing the existing material flows and restructuring the manufacturing areas. To this end, the initial structure of the company was assessed, analyzing each manufacturing area, at the level of products, manufacturing processes, number of equipment, flows, both between the different areas and the internal flows within each of these manufacturing areas.

For the preparation of the final layout, two methodologies were used, namely, the Systematic Layout Planning, to develop various layout alternatives, and the Analytic Hierarchy Process, a multicriteria analysis methodology based on numerical data, which supports the selection of the best alternative presented. The latter methodology consists of comparing the different alternatives, according to the defined criteria. The criteria selected by the company's management consisted of minimizing flows, thus contributing to an increase in productivity, lower equipment transfer costs and maximizing flexibility, that is, optimizing the layouts of the manufacturing areas, allowing the freeing of spaces for future expansions. Thus, the strategy to be applied was defined and the equipment was transferred, assessing its restrictions / limitations.

With the implementation of this strategy, the gains were visible in several aspects, namely, minimizing transport, distances and times associated with material flows, corresponding to a reduction of about 77% in relation to initial flows, as well as the maximization and optimization of productive areas, eliminating some leased areas, which led to a 50% reduction of costs in this aspect. It should be noted that during the implementation phase, the company adopted strategies that contributed to the reduction of the estimated investment by 10%.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AHP	<i>Analytic Hierarchic Process</i>
HST	Higiene e Segurança no Trabalho
MP	Matérias primas
PA	Produto Acabado
SM	<i>Suspension Mat</i>
SLP	<i>Systematic Layout Planing</i>
WIP	<i>Work in process</i>

Lista de Unidades

m	Metros
Min	Minutos
km	Quilómetros

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Analytic Hierarchy Process</i>	Análise multicritério de apoio à tomada de decisão;
<i>Grommet</i>	Também designado por borracha de fixação, tem como objetivo impedir a passagem de humidade e resíduos entre a zona húmida e a zona seca do veículo.
Módulo	Designado para definir uma área de produção, isto é, refere-se aos edifícios existentes na empresa, sendo que cada módulo é um edifício.
<i>Layout</i>	Disposição espacial organizada de vários elementos.
<i>Lean</i>	Significa maximizar o valor para o cliente e minimizar o desperdício.
<i>Software</i>	Sequência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redireccionamento ou modificação de um conjunto de dados.
<i>Stakeholders</i>	Partes interessadas ou intervenientes numa dada empresa, negócio ou indústria.
<i>Systematic Layout Planning</i>	Planeamento sistemático de <i>layout</i> .

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PRODUÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS (EM %) DE 2003 A 2018 (FONTE: OICA, 2019)	7
FIGURA 2 - PESO DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS NA ECONOMIA NACIONAL (FONTE: AFIA - DADOS DE 2019)	9
FIGURA 3 - VOLUME DE NEGÓCIOS (EM %) POR ATIVIDADE (FONTE: AFIA - DADOS DE 2019)	9
FIGURA 4 - PRINCIPAIS PILARES DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL (FONTE: FERREIRA, 2018)	10
FIGURA 5 - TIPOS DE <i>LAYOUT</i> DE ACORDO A VARIEDADE DOS PRODUTOS E O VOLUME DE PRODUÇÃO (FONTE: GROOVER, 2010).	15
FIGURA 6 - FASES DO MÉTODO SLP (FONTE: ADAPTADA DE TOMPKINS ET AL 1996)	18
FIGURA 7 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE RELAÇÕES (FONTE: (SUTARI E SATHISH, 2014))	18
FIGURA 8 - NÍVEL HIERÁRQUICO DO MÉTODO AHP, ADAPTADO DE SAATY (1991).	21
FIGURA 9 - GRUPO FICOSA DISTRIBUÍDO PELO MUNDO (FONTE: FICOSA)	28
FIGURA 10 - QUANTIDADE DE PEÇAS VENDIDAS POR ANO	29
FIGURA 11 - VENDAS ANUAIS DA FICO CABLES	29
FIGURA 12 – PRINCIPAIS CLIENTES DA FICO CABLES LDA.	29
FIGURA 13 - EXEMPLOS DE SISTEMAS LOMBARES PNEUMÁTICOS	31
FIGURA 14 - EXEMPLO DE SUPORTE LATERAL E RESPECTIVA APLICAÇÃO NO ASSENTO	31
FIGURA 15 - EXEMPLO DE UM CABO DE PORTA	31
FIGURA 16 - EXEMPLO DE UM CABO DE PORTA INSERIDO NO INTERIOR DO VEÍCULO	32
FIGURA 17 - EXEMPLO DE UM CABO DE COMANDO	32
FIGURA 18 - ÁRVORE DE PRODUTO DE UM CABO DE PORTA	33
FIGURA 19 - DIAGRAMA DO PROCESSO DE UM CABO DE COMANDO	34
FIGURA 20 - SISTEMAS DE CONFORTO APLICADOS NA ESTRUTURA DO BANCO AUTOMÓVEL (FONTE: (ARAÚJO ET AL.,2017))	36
FIGURA 21 - EXEMPLO DE UM COXIM	36
FIGURA 22 - DIAGRAMA DE PRODUTO DE UM COXIM	37
FIGURA 23 – DIAGRAMA DO PROCESSO DE FABRICO DE UM COXIM	37
FIGURA 24 – EXEMPLO DE UMA ESTRUTURA DO <i>SUSPENSION MAT</i> (FONTE: ARAÚJO ET AL., 2017)	38
FIGURA 25 - ÁRVORE DE UM <i>SUSPENSION MAT</i>	38
FIGURA 26 - DIAGRAMA DO PROCESSO DE FABRICO DE UM <i>SUSPENSION MAT</i>	39
FIGURA 27 - <i>LAYOUT</i> GERAL DA FICO CABLES	41
FIGURA 28 - <i>LAYOUT</i> SETOR 1	42
FIGURA 29 - <i>LAYOUT</i> DO SETOR 2	42
FIGURA 30 - DIAGRAMA DE FLUXO ENTRE OS MÓDULOS DE PRODUÇÃO E ARMAZÉNS	43
FIGURA 31 – <i>LAYOUT</i> DO MÓDULO F1, COM AS SUAS DIFERENTES ÁREAS DE PRODUÇÃO	45
FIGURA 32 - DIAGRAMA DE FLUXO DE MATERIAIS DO MÓDULO F1	47
FIGURA 33 - DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS NO MÓDULO F1	48
FIGURA 34 - EXEMPLO DE MÁQUINA DE CORTE DE ESPIRAL	49
FIGURA 35 - EXEMPLO DE MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK AUTOMÁTICO	49
FIGURA 36 - EXEMPLO MÁQUINA DE INJEÇÃO PARA PRODUÇÃO DE CABOS DE COMANDO	50
FIGURA 37 - EXEMPLO DE LINHA DE MONTAGEM PARA FABRICO DE CABOS DE PORTA	50
FIGURA 38 – <i>LAYOUT</i> DO MÓDULO F2	51

FIGURA 39 - DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F2	53
FIGURA 40 - DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS DO MÓDULO F2	54
FIGURA 41 – <i>LAYOUT</i> DO MÓDULO F3	55
FIGURA 42 - DIAGRAMA DE FLUXO DO MÓDULO F3	56
FIGURA 43 – DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS NO MÓDULO F3	57
FIGURA 44 - EXEMPLO DE MÁQUINAS DE INJEÇÃO PARA O FABRICO DE COXINS	59
FIGURA 45 - EXEMPLO DE LINHA AUTOMÁTICA DE <i>SUSPENSION MAT</i>	59
FIGURA 46 – <i>LAYOUT</i> MÓDULO F4 – SISTEMAS DE CONFORTO	60
FIGURA 47 - DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F4	61
FIGURA 48 - DIAGRAMA DE FLUXO MÓDULO F4	62
FIGURA 49 – <i>LAYOUT</i> DO MÓDULO DE PEQUENAS SÉRIES F5	63
FIGURA 50 - DIAGRAMA DE FLUXOS EXTERNOS DO MÓDULO F5	63
FIGURA 51 - DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS DO MÓDULO F5	64
FIGURA 52 - ARMAZÉM DE EXPEDIÇÃO	65
FIGURA 53 - ARMAZÉM DE COMPONENTES	66
FIGURA 54 - ARMAZÉM DE MATÉRIAS PRIMAS	66
FIGURA 55 - DIAGRAMA DE RELAÇÕES ENTRE OS MÓDULOS	70
FIGURA 56 - DIAGRAMA DE DEPENDÊNCIAS DAS DIFERENTES ÁREAS	71
FIGURA 57 - LOCALIZAÇÃO DO NOVO EDIFÍCIO FACE AO SETOR 1	75
FIGURA 58 - ESTRUTURA DO NOVO EDIFÍCIO	76
FIGURA 59 - ALTERNATIVA DE <i>LAYOUT</i> 1	77
FIGURA 60 - ALTERNATIVA DE <i>LAYOUT</i> 2	82
FIGURA 61 - ALTERNATIVA DE <i>LAYOUT</i> 3	86
FIGURA 62 - HIERARQUIA AHP DEFINIDA	90
FIGURA 63 – DIAGRAMA DE RELAÇÕES ENTRE PROCESSOS SELECIONADOS A TRANSFERIR PARA O NOVO MÓDULO	98
FIGURA 64 - <i>LAYOUT</i> DA NOVA UNIDADE FABRIL DE ACORDO COM A ALTERNATIVA SELECIONADA	99
FIGURA 65 - DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS PARA O <i>LAYOUT</i> DA NOVA UNIDADE FABRIL	100
FIGURA 66 - DIAGRAMA DE RELAÇÕES ENTRE EQUIPAMENTOS POR PROJETO PARA O FABRICO DE COXINS (1) E SM (2)	101
FIGURA 67 – ANÁLISE SWOT PARA ALTERNATIVA DE <i>LAYOUT</i> DO NOVO EDIFÍCIO	102
FIGURA 68 – EXEMPLO DE TRANSFERÊNCIA DE UMA LINHA DE MONTAGEM COM CAMIÃO GRUA	104
FIGURA 69 - ALTERNATIVA A PARA <i>LAYOUT</i> NOVO EDIFÍCIO	128
FIGURA 70- ALTERNATIVA B PARA <i>LAYOUT</i> NOVO EDIFÍCIO	128
FIGURA 71 - ALTERNATIVA C PARA <i>LAYOUT</i> NOVO EDIFÍCIO	129
FIGURA 72 - ALTERNATIVA D PARA <i>LAYOUT</i> NOVO EDIFÍCIO	129
FIGURA 73 - DIAGRAMA DE FLUXOS APLICADO A UM PROJETO	130
FIGURA 74 - MICRO <i>LAYOUT</i> DE LINHA COM RESPECTIVOS COMPONENTES	130
FIGURA 75 - AJUDA VISUAL COMPONENTES DE COMPRA	131
FIGURA 76 - AJUDA VISUAL COMPONENTES INTERMÉDIOS	131
FIGURA 77 – <i>CHECK LIST</i> TRANSFERÊNCIA DE EQUIPAMENTOS	132
FIGURA 78 – VISÃO GERAL DE PARTE DO CRONOGRAMA DE TRANSFERÊNCIAS DE EQUIPAMENTOS	133
FIGURA 79 - VISÃO DETALHADA DE PARTE DO CRONOGRAMA DE TRANSFERÊNCIAS	133

FIGURA 80 -PROPOSTA DE <i>LAYOUT</i> F1	134
FIGURA 81 - PROPOSTA DE <i>LAYOUT</i> MÓDULO F2	134
FIGURA 82 -PROPOSTA DE <i>LAYOUT</i> MÓDULO F3	135

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMÓVEIS EM 2017 E 2018 A NÍVEL MUNDIAL (FONTE: OICA, 2019)	8
TABELA 2 - PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA <i>LEAN</i> (WOMACK E JONES, 2007).	12
TABELA 3 - TIPOS DE DESPERDÍCIOS, ADAPTADO (HILL, 2012).	13
TABELA 4 - QUADRO RESUMO DOS VÁRIOS TIPOS DE <i>LAYOUT</i>	15
TABELA 5 - EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SLP	19
TABELA 6 - NÍVEIS DE IMPORTÂNCIA PARA A COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS NO AHP, ADAPTADO DE SAATY (1991).	21
TABELA 7 - VALOR DE RI PARA MATRIZES QUADRADAS DE ORDEM N (ADAPTADO SAATY, 1980)	22
TABELA 8 - EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP	23
TABELA 9 - DESCRIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA FICOSA PELO MUNDO	28
TABELA 10 - DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES PRODUZIDOS NA FICO CABLES.	30
TABELA 11 - COMPOSIÇÃO DE UM CABO DE COMANDO (ADAPTADO DE ROSA <i>ET AL.</i> , 2017)	32
TABELA 12 - DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS DE FABRICO E RESPETIVOS PRODUTOS	40
TABELA 13 - DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE FABRICO DA FICO CABLES	43
TABELA 14- LEGENDA DOS DIAGRAMAS DE FLUXO ENTRE MÓDULOS E ARMAZÉNS	44
TABELA 15 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO MÓDULO F1	46
TABELA 16 - FLUXO DE MATERIAIS DO MÓDULO F1	47
TABELA 17 - LEGENDA DO DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS NO MÓDULO F1	48
TABELA 18 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO MÓDULO F2	52
TABELA 19 – FLUXO DE MATERIAIS DO MÓDULO F2	53
TABELA 20 - LEGENDA DO DIAGRAMA DE FLUXO INTERNO DO MÓDULO F2	54
TABELA 21 – DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO MÓDULO F3	56
TABELA 22 - FLUXO DE MATERIAIS MÓDULO F3	57
TABELA 23 - FLUXOS INTERNOS NO MÓDULO F3	58
TABELA 24 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DO MÓDULO F4	60
TABELA 25 - FLUXOS DE ENTRADA E SAÍDA DO MÓDULO F4	61
TABELA 26 - LEGENDA DIAGRAMA DE FLUXO MÓDULO F4	62
TABELA 27 – LEGENDA CORRESPONDENTE AO DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F5	64
TABELA 28 - LEGENDA DIAGRAMA DE FLUXOS INTERNOS DO MÓDULO F5	64
TABELA 29 - MATRIZ DE DISTÂNCIAS A QUE SE ENCONTRAM OS DIFERENTES MÓDULOS (EM METROS)	67
TABELA 30 - MATRIZ DE QUANTIDADE DE PALETES, POR TURNO, A SEREM MOVIMENTADAS ENTRE OS MÓDULOS	68
TABELA 31 - MATRIZ DE EQUIPAMENTO LOGÍSTICOS UTILIZADO E RESPETIVA CAPACIDADE DE TRANSPORTE (Nº DE PALETES)	68
TABELA 32 - MATRIZ DE NÚMERO DE VIAGENS POR DIA	69
TABELA 33 - MATRIZ DAS DISTÂNCIAS (M) TOTAIS PERCORRIDOS POR DIA	69
TABELA 34 - MATRIZ DE DISTÂNCIAS, ALTERNATIVA 1 (EM METROS)	78

TABELA 35 - MATRIZ DE QUANTIDADE DE PALETES, POR TURNO, ALTERNATIVA 1	79
TABELA 36 – MATRIZ DE EQUIPAMENTO LOGÍSTICO E RESPETIVA CAPACIDADE ALTERNATIVA 1	79
TABELA 37 - MATRIZ DE NÚMERO DE VIAGENS POR DIA, ALTERNATIVA 1	80
TABELA 38 - MATRIZ DAS DISTÂNCIAS TOTAIS, ALTERNATIVA 1 (EM METROS)	80
TABELA 39 - ANÁLISE DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA ALTERNATIVA 1	81
TABELA 40 - MATRIZ DE DISTÂNCIAS, ALTERNATIVA 2 (EM METROS)	83
TABELA 41 - MATRIZ DE QUANTIDADE DE PALETES, POR TURNO, ALTERNATIVA 2	83
TABELA 42 - MATRIZ DE EQUIPAMENTO LOGÍSTICO E RESPETIVA CAPACIDADE, ALTERNATIVA 2	84
TABELA 43 - MATRIZ DE NÚMERO DE VIAGENS POR DIA, ALTERNATIVA 2	84
TABELA 44 - MATRIZ DAS DISTÂNCIAS TOTAIS, ALTERNATIVA 2 (EM METROS)	84
TABELA 45 - ANÁLISE DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA ALTERNATIVA 2	85
TABELA 46 - MATRIZ DE DISTÂNCIAS, ALTERNATIVA 3 (EM METROS)	87
TABELA 47 – MATRIZ DE QUANTIDADE DE PALETES, POR TURNO, ALTERNATIVA 3	87
TABELA 48 - MATRIZ DE EQUIPAMENTO LOGÍSTICO E RESPETIVA CAPACIDADE ALTERNATIVA 3	87
TABELA 49 - MATRIZ DE NÚMERO DE VIAGENS POR DIA, ALTERNATIVA 3	88
TABELA 50 - MATRIZ DAS DISTÂNCIAS TOTAIS, ALTERNATIVA 3 (EM METROS)	88
TABELA 51 - ANÁLISE DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA ALTERNATIVA 3	89
TABELA 52 - DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DO <i>LAYOUT</i>	90
TABELA 53 - MATRIZ DE RELAÇÕES ENTRE CRITÉRIOS	91
TABELA 54 - MATRIZ DE DADOS DE CADA CRITÉRIO E RESPETIVA ALTERNATIVA	92
TABELA 55 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES ALTERNATIVAS E O CRITÉRIO DE MAXIMIZAÇÃO DA FLEXIBILIDADE	92
TABELA 56 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES ALTERNATIVAS E O CRITÉRIO DE MINIMIZAÇÃO DE FLUXO	92
TABELA 57 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES ALTERNATIVAS E O CRITÉRIO DE MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS	92
TABELA 58 - RESULTADOS OBTIDOS PELO SOFTWARE <i>RSTUDIO</i> NA RESOLUÇÃO DO MÉTODO AHP	93
TABELA 59 – DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS INTEGRADOS NO NOVO EDIFÍCIO	97
TABELA 60 - DESCRIÇÃO DA DURAÇÃO E MÃO DE OBRA NECESSÁRIA PARA TRANSFERIR EQUIPAMENTOS	104
TABELA 61 - INVESTIMENTOS A CARGO DA FICO CABLES PARA INSTALAÇÃO DO NOVO EDIFÍCIO	105
TABELA 62 - RECURSOS NECESSÁRIOS PARA A TRANSFERÊNCIA DE EQUIPAMENTOS	106
TABELA 63 - CUSTOS ASSOCIADOS À TRANSFERÊNCIA DE EQUIPAMENTOS	106
TABELA 64 - CUSTOS ASSOCIADOS ÀS RENDAS DOS EDIFÍCIOS	107
TABELA 65 - CUSTOS ASSOCIADOS AO FLUXO DE MATERIAL PARA O <i>LAYOUT</i> ATUAL	108
TABELA 66 - CUSTOS ASSOCIADOS AOS FLUXOS DE MATERIAL PARA O <i>LAYOUT</i> SELECIONADO	108
TABELA 67 - RESUMO DOS GANHOS DO FLUXO DE MATERIAL	109
TABELA 68 - ANÁLISE AO CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS PARA O PROJETO	113

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Indústria Automóvel	7
2.1.1	Importância da indústria automóvel na economia mundial	7
2.1.2	Importância da indústria automóvel na economia nacional	8
2.1.3	Indústria dos componentes automóveis	9
2.1.4	Os pilares da indústria automóvel	10
2.2	Lean Manufacturing	11
2.2.1	Introdução	11
2.2.2	Metodologia <i>Lean</i>	11
2.2.3	Ferramentas <i>Lean</i>	14
2.3	Layouts de instalações industriais	15
2.3.1	Definição de <i>Layout</i>	15
2.3.2	<i>Systematic Layout Planning (SLP)</i>	17
2.4	Analytic Hierarchy Process (AHP)	20
3	TRABALHO PREPARATÓRIO	27
3.1	Caracterização da Empresa	27
3.1.1	O grupo FICOSA	27
3.1.2	A Fico Cables	28
3.2	Caraterização do produto e dos processos	30
3.2.1	Cabos de comando	31
3.2.2	Sistemas de Conforto	35
3.3	Layout da Empresa – Fase de análise	41
3.3.1	Módulo F1	45
3.3.2	Módulo F2	49
3.3.3	Módulo F3	55

3.3.4	Módulo F4.....	58
3.3.5	Módulo F5.....	63
3.3.6	Armazéns.....	65
3.4	Análise dos fluxos de material perante o layout atual.....	67
4	REQUISITOS DO TRABALHO E PROPOSTA DE <i>LAYOUT</i> FUTURO.....	75
4.1	Novo edifício.....	75
4.2	Propostas de layout – Fase de pesquisa.....	76
4.2.1	Alternativa 1.....	77
4.2.2	Alternativa 2.....	82
4.2.3	Alternativa 3.....	86
4.3	Seleção do layout.....	89
5	NOVA UNIDADE FABRIL.....	97
5.1	Layout.....	97
5.2	Processo de implementação da solução.....	103
5.3	Impacto Económico.....	105
5.3.1	Investimento.....	105
5.3.2	Transferência de Equipamentos.....	105
5.3.3	Aluguer de edifícios.....	107
5.3.4	Fluxo de material.....	107
6	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	113
6.1	CONCLUSÕES.....	113
6.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	115
7	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	119
8	ANEXOS.....	127
8.1	Alternativas de layout para o módulo F6.....	128
8.2	Gestão visual.....	130
8.3	Check List para transferência de equipamentos.....	132
8.4	Cronograma de transferências.....	133

8.5	Proposta de layout para módulo F1.....	134
8.6	Proposta de layout para módulo F2.....	134
8.7	Proposta de layout para módulo F3.....	135

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Este projeto foi realizado em ambiente industrial, como resultado de um estágio curricular na empresa FicoCables, Lda., empresa de referência na indústria automóvel.

A indústria automóvel, sendo uma indústria globalizada e impactante na economia, necessita de estar em constante desenvolvimento tecnológico, de modo a incrementar a sua competitividade. Este fator exige às empresas uma estratégia de negócio cada vez mais rigorosa, e a procura constante de soluções que permitam otimizar os seus processos de fabrico.

Deste modo, este projeto surgiu face a uma necessidade de reorganização da empresa devido ao crescimento do volume de negócio nos últimos anos. A empresa decidiu investir numa nova unidade fabril. Para tal, tornou-se indispensável redefinir a estratégia industrial com a ampliação das instalações produtivas atualmente existentes. Esta estratégia consistiu no desenvolvimento de propostas baseadas na melhoria e centralização dos processos já existentes, bem como na redução de movimentações de material e mão de obra, entre outros.

1.2 Objetivos

Perante a necessidade de expansão e de implantação de uma nova unidade fabril, pretende-se, com este projeto, definir o *layout* das novas instalações. Para tal, este projeto centrou-se nos seguintes objetivos:

- Caracterização das áreas fabris atuais:
 - Análise do tipo de produto e processo;
 - Quantificação dos fluxos de material existentes;
- Elaboração de alternativas de *layout* para a nova unidade fabril e seleção da melhor alternativa;
- Transferência dos equipamentos:
 - Elaboração do plano de transferência de acordo com tempos de paragem de máquinas e as necessidades de produção;
 - Definição das restrições, limitações e necessidades de cada equipamento;
- Avaliação do impacto económico das alterações propostas:
 - Custos de investimento;
 - Custos de transferência de equipamentos;
 - Ganhos.

1.3 Metodologia

A metodologia apresentada para o seguimento do projeto consistiu na:

- Revisão de metodologias *Lean* aplicadas à otimização de fluxos;
- Revisão de ferramentas aplicadas à criação de *layouts* industriais;
- Análise dos processos de fabrico associados aos produtos fabricados na empresa;
- Análise das diferentes áreas fabris e dos respetivos *layouts* iniciais da empresa;
- Análise dos fluxos de material;
- Estudo, seleção e discussão de alternativas de *layout* para uma nova unidade fabril;
- Desenvolvimento do *layout* selecionado;
- Acompanhamento da transferência dos equipamentos;
- Análise do impacto económico da implantação da nova unidade fabril;
- Propostas futuras a implementar na empresa.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em seis capítulos.

Neste primeiro, é realizada uma contextualização ao projeto desenvolvido, explicando o enquadramento do projeto, bem como os objetivos e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo, é elaborada uma revisão bibliográfica, abordando temas com interesse para o desenvolvimento do projeto, nomeadamente, introdução à indústria automóvel e seu impacto económico, tanto a nível mundial como nacional, introdução a conceitos *Lean* que se enquadram no desenvolvimento do projeto e, por fim, uma abordagem ao conceito de *layout* e respetivas ferramentas que suportam o desenvolvimento do mesmo.

No terceiro capítulo, é descrita a empresa de acolhimento, os produtos que são fabricados e a estrutura das áreas de fabrico que constituem a empresa. Nesta descrição das áreas, são estudados também os fluxos de material entre as mesmas.

No quarto capítulo, é apresentado o projeto e quais os requisitos necessários para o desenvolvimento do mesmo. Neste capítulo, são apresentadas várias soluções para o projeto e, em seguida, através de uma análise multicritério, é apresentada a solução ótima.

Após a seleção da solução mais vantajosa para o projeto, no capítulo cinco, é feita uma descrição pormenorizada desta solução a ser implantada.

Por fim, no capítulo seis, são apresentadas as conclusões relativamente aos objetivos propostos inicialmente, bem como propostas de melhoria para trabalhos futuros.

Por último são apresentadas as referências bibliográficas e os anexos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

2.2 LEAN MANUFACTURING

2.3 LAYOUTS DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

2.4 ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel

2.1.1 Importância da indústria automóvel na economia mundial

A indústria automóvel representa um peso significativo na economia mundial, sendo apresentada como uma indústria que necessita de estar em constante desenvolvimento tecnológico, de modo a responder às necessidades do consumidor.

Para a economia mundial, como se trata de uma indústria completamente globalizada, o impacto da indústria automóvel é claramente visível perante o volume de negócios que apresenta, pela criação de inúmeros postos de trabalho, bem como pela ligação a outras indústrias (Ferreira, 2018).

Segundo Rosa *et al.* (2017 (b)), este setor é um dos mais exigentes do mercado global, pois requer um aumento sistemático de produtividade. Atualmente os desafios são enormes, exigindo-se redução de custos e aumento de competitividade.

Segundo os dados mais recentes da OICA (Organização Internacional de Construtores Automóveis), a produção automóvel mundial apresenta um crescimento na produção de veículos ao longo dos anos, como é possível observar na Figura 1 e Tabela 1.

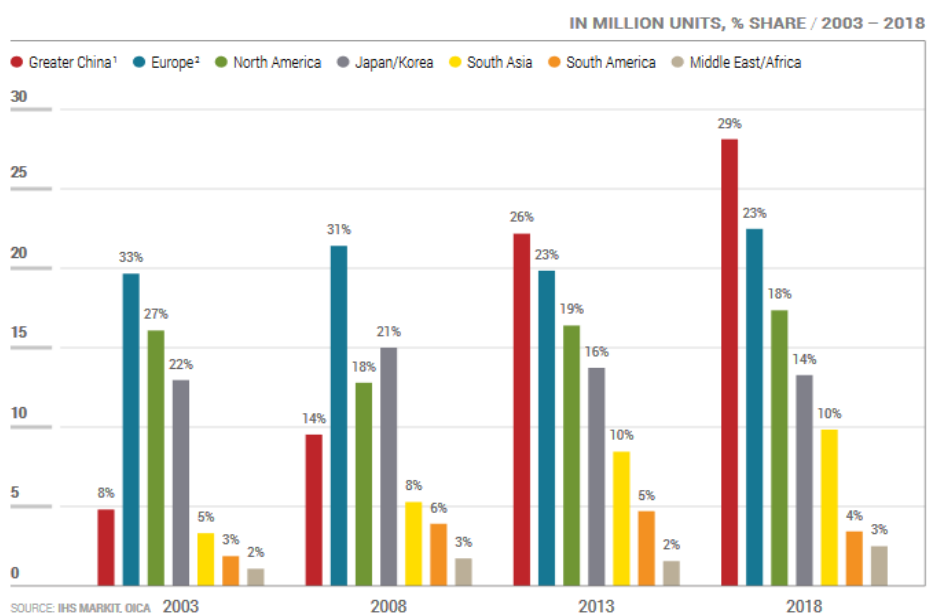


Figura 1 - Produção de veículos automóveis (em %) de 2003 a 2018 (Fonte: OICA, 2019)

Tabela 1 – Produção de veículos automóveis em 2017 e 2018 a nível mundial (Fonte: OICA, 2019)

	IN 1,000 UNITS / 2018			
	2018	2017	% change 18/17	% share 2018
Europe ²	22,777	22,831	-0.2	23.2
Greater China ¹	28,399	29,581	-4.0	28.9
Japan/Korea	13,416	13,525	-0.8	13.7
Middle East/Africa	2,551	2,609	-2.2	2.6
North America	17,528	17,548	-0.1	17.9
South America	3,540	3,405	3.9	3.6
South Asia	9,890	9,222	7.2	10.1
WORLD	98,101	98,721	-0.6	100.0

SOURCE: IHS MARKIT, OICA

1. Includes Hong Kong and Taiwan
2. Includes Turkey and CIS countries

De acordo com os dados da tabela anterior, pode-se concluir que existem três potências na produção de veículos, nomeadamente, Ásia, Europa e América do Norte. Para este número de veículos produzidos no ano de 2018, 20% da produção é realizada na Europa, tendo assim produzido cerca de 16,500 milhões de veículos de passageiros ACEA (2019).

Na Europa, a economia depende significativamente da produção automóvel, na medida em que esta indústria representa 6,1% dos postos de trabalho existentes na União Europeia.

Verifica-se ainda que existe um elevado volume de exportações da Europa para a Ásia (36,2 %), América do Norte (31,9 %) e Europa de Leste (18,7 %). No caso da América do Sul e África, os valores de exportação variam entre os 2% e 5%. A Europa continua a ser o principal destino das exportações dos veículos fabricados em território nacional, com 92,7 por cento, tendo como principais destinos a Alemanha (23,3%), França (15,5%), Itália (13,3%), Espanha (11,1%) e Reino Unido (8,7%).

2.1.2 Importância da indústria automóvel na economia nacional

A indústria automóvel em Portugal é particularmente significativa, tendo um forte contributo no emprego e no PIB português. As suas três principais áreas de atividade são o fabrico de moldes, o fabrico de componentes e o fabrico de viaturas automóveis (AFIA, 2016).

Segundo dados da Associação do Comércio Automóvel de Portugal (ACAP), no ano 2019 foram produzidos em Portugal cerca de 350 mil veículos, sendo assim este o melhor ano na indústria automóvel nacional. Em Portugal, dedicam-se ao fabrico de veículos automóveis as unidades industriais da VW Autoeuropa, da Mitsubishi Fuso *Truck Europe* e da Toyota Caetano (ACAP, 2020).

2.1.3 Indústria dos componentes automóveis

A indústria dos componentes automóveis tem comprovado ao longo dos anos o seu impacto na economia nacional. Segundo os dados da AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel, o setor de componentes para automóveis é o mais significativo, agregando cerca de 240 empresas e representando cerca de 59.000 postos de trabalho, como demonstra a Figura 2 (AFIA, 2019).

Em 2019 registou um valor de 9,700 milhões de euros, que representa um crescimento de 16% relativamente ao ano anterior. Em relação ao volume de negócio, apresentou um crescimento de 6%, com um valor de 1,200 milhões de euros (AFIA, 2019).

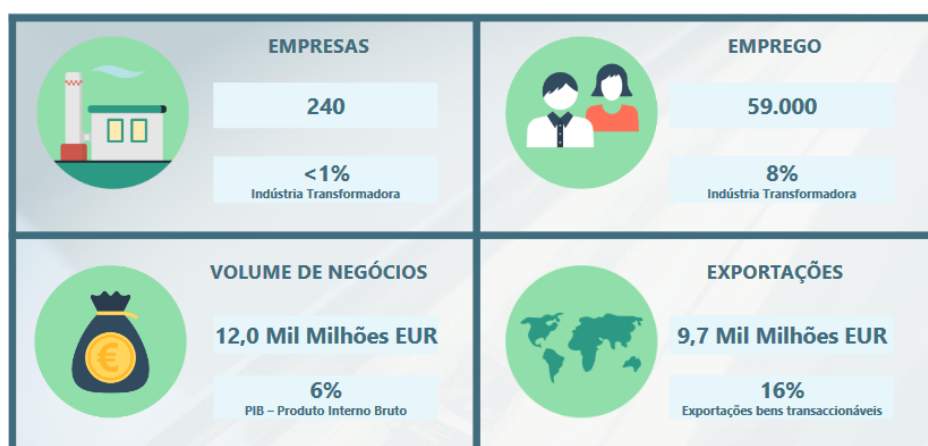


Figura 2 - Peso da indústria de componentes para automóveis na economia nacional (Fonte: AFIA - dados de 2019)

A este volume de negócios estão associadas várias áreas de fabrico, nomeadamente, metalúrgica e metalomecânica, eléctrico, plásticos, borrachas e outros compósitos, têxteis, entre outros. A Figura 3 apresenta o impacto de cada atividade no volume de negócio referente à produção de componentes em Portugal.



Figura 3 - Volume de negócios (em %) por atividade (Fonte: AFIA - dados de 2019)

Este setor, nos últimos anos, tem vindo a receber vários investimentos que permitiram a implementação de projetos inovadores e desenvolvimento de novos produtos, demonstrando assim a importância dos componentes automóveis. Estes investimentos assentam na inovação ao nível dos processos, os quais contribuem substancialmente para o incremento da produtividade nacional, para a criação de novos postos de trabalho e para o aumento do volume de exportações.

Desta forma, segundo a AFIA (2016), é visível que a indústria de componentes para automóveis em Portugal tem muitas vantagens competitivas que lhe conferem um elevado reconhecimento, como a mão-de-obra qualificada, a componente exportadora das empresas, a capacidade de produção flexível, o nível de qualidade, o elevado investimento, o grau de inovação da engenharia e a aposta contínua na formação e na valorização profissional dos seus recursos humanos.

2.1.4 Os pilares da indústria automóvel

A indústria automóvel trata-se de um setor altamente competitivo, por possuir uma elevada intensidade tecnológica, sendo necessário que as empresas possuam a capacidade de combinar os diversos tipos de inovação para garantirem a sua sobrevivência (Mendes, 2013).

As empresas do setor automóvel exigem um desenvolvimento constante e revelam uma enorme capacidade de adaptação à procura do mercado. Por isso, o nível de competição gera uma necessidade de eficiência e qualidade elevados, de forma a satisfazer as necessidades dos clientes (Rosa *et al.* 2017 (b)).

Tal como o cliente se tornou mais ativo e dinâmico, é natural que a exigência aumente (Ferreira, 2018). O mesmo autor menciona que os produtores para esta indústria devem estabelecer um compromisso entre a variedade e qualidade dos produtos, bem como o custo dos mesmos. Aliado a estes princípios, deve ter-se em conta uma constante melhoria, quer a nível de produto, quer ao nível dos processos. Assim, afirma-se que a indústria automóvel assenta em três pilares principais, ilustrados na Figura 4 – competitividade, qualidade e prazos de entrega.

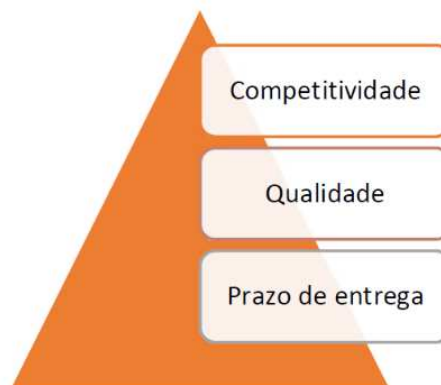


Figura 4 - Principais pilares da indústria automóvel (Fonte: Ferreira, 2018)

2.2 *Lean Manufacturing*

2.2.1 Introdução

Num mercado cada vez mais competitivo, é fundamental que as empresas apostem na melhoria dos seus processos produtivos, com o principal objetivo de responder de forma mais rápida e eficaz às necessidades do mercado, baixando o custo dos produtos, ao mesmo tempo que mantêm a qualidade dos mesmos (Rosa, 2017 (a)).

“Muitas organizações, nesta era de competição global, estão a tentar criar uma cultura de elevado desempenho onde se incorporam estratégias de negócios, por forma a desenvolver uma contribuição individual no sucesso global da empresa.” (Miah e Hossan, 2012).

A necessidade de aperfeiçoamento dos sistemas de produção, de modo a melhorar o desempenho das organizações, surge com o aparecimento do Modelo T de Henry Ford, em 1908. Este modelo é caracterizado pelo conceito de produção em massa, que permitiu alcançar menores custos de produção, bem como uma redução do custo do produto que, no final, garantiu melhor qualidade aos produtos. Em 1950, Eiji Toyoda, um jovem japonês, é convidado a visitar a fábrica da Ford e, perante este conceito, conclui que este sistema de produção não se aplicaria na realidade do Japão, pois tratava-se de um mercado muito menor e com grande diversidade na procura de veículos. Perante esta abordagem, e após vários estudos, a Toyota Motor Company (TMC) desenvolveu um sistema totalmente novo que pudesse responder às necessidades de seu mercado, o sistema denominado por *Toyota Production System* (TPS) (Ribeiro, 2019).

Segundo Ohno, o principal objetivo do TPS é aumentar a eficiência de produção através da eliminação de desperdícios, tendo como o principal pilar o *Just-in-Time* (JIT). Com o tempo, as metodologias e ferramentas da Toyota amadureceram e deram origem ao que hoje conhecemos como *Lean Manufacturing* (Ohno *et al.*, 1988).

2.2.2 Metodologia *Lean*

A abordagem *Lean* permite às empresas a redução de custos, aumento da eficiência, redução de tempos de execução, redução de todo o tipo de desperdícios e manutenção de níveis de inventário reduzidos. Todas estas envolventes contribuem para a satisfação do cliente, consequentemente, o aumento da margem de lucro para a organização (Ribeiro, 2019).

Lean Thinking, em português, pensamento magro, é um termo designado por James Womack e Daniel Jones para patentear uma filosofia de negócios baseada no TPS, cujo propósito é identificar o que é desperdício e eliminá-lo. Embora tenha começado na indústria automóvel, esta filosofia atualmente abrange outras indústrias, tais como, indústria alimentar, hospitalar, entre outras (Rosa *et al.*, 2017 (a)).

Como as empresas estão em constante crescimento, surge a necessidade de apostarem fortemente no aumento da produtividade.

Assim, as empresas que apostam na melhoria contínua dos seus processos, vêm esse esforço traduzido num aumento de produtividade e a capacidade produtiva destas empresas tende a aumentar. Deste modo, percebe-se a importância do *Lean Thinking*, filosofia focada na identificação e eliminação de desperdícios e, conseqüentemente, na redução dos custos de produção.

Womack e Jones (1996), na obra "*Lean Thinking*", abordaram os princípios que os gestores devem seguir para auxílio no seu dia-a-dia. Alguns dos principais princípios estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Princípios da metodologia *Lean* (Womack e Jones, 2007).

Princípio	Descrição
Conhecer as partes interessadas	Conhecer e compreender todas as partes interessadas, em vez de se concentrar apenas no cliente final;
Especificar valor	Identificar quais as necessidades do cliente;
Identificar fluxo de valor	Identificar e mapear as atividades que acrescentam valor, ou não, sobre a perspectiva do cliente, ao longo de todo o processo;
Otimizar fluxo	Encontrar a sequência contínua ideal de etapas que criam valor, sincronizando os elementos envolvidos na criação de valor para todas as partes;
Implementação do sistema <i>pull</i>	Permite que as partes interessadas acelerem os processos, evitando que as empresas puxem para elas o que pensam ser as suas necessidades;
Perfeição	Compromisso com a busca da perfeição, sabendo que os interesses, as necessidades e as expectativas das partes interessadas estão em constante evolução.

Nesta filosofia, coexistem dois conceitos importantes a considerar: valor e desperdício. Distinguindo os conceitos, o valor é definido pelo cliente e criado pelo produtor (Womack e Jones, 2003) mas este, só é verdadeiramente originado no *Gemba* (chão de fábrica, área de produção) (Womack e Jones, 2007). Complementarmente, Hill (2012) aborda o fluxo de valor, remetendo ao conjunto de passos necessários para criar um produto ou serviço. Por outro lado, desperdício representa toda e qualquer atividade humana que absorve recursos, contudo não cria qualquer valor (Abdi *et al.*, 2006).

O desperdício pode aparecer na forma de Muda, Mura ou Muri, termos Japoneses apresentados em seguida:

Muda: desperdício que deve ser reduzido ou eliminado, ou seja, todas as atividades que consomem recursos e que não acrescentam valor ao produto.

Mura: falta de regularidade ou consistência detetadas nas atividades. Neste tipo de desperdício, podem ser incluídas situações relacionadas com picos de produção intensa dos operadores.

Muri: refere-se a toda a atividade que produz sobrecarga de equipamentos ou operadores, para além das suas capacidades. Este tipo de desperdício poderá ser eliminado através da normalização de processos, de modo a uniformizar os processos e pessoas.

Para o projeto apresentado neste trabalho, foram analisados os desperdícios do tipo *Muda*, pois têm um impacto significativo no aumento da produtividade. Taiichi Ohno identificou oito tipos de desperdícios, descritos na Tabela 3 (Hill, 2012):

Tabela 3 - Tipos de desperdícios, adaptado (Hill, 2012).

Desperdício	Descrição
Processamento excessivo	Este é o tipo de desperdício geralmente reflete o trabalho que não agrega valor ou que traz mais valor do que é exigido.
Tempo de espera	Períodos de inatividade em que as pessoas e equipamentos estão à espera de algo;
Transporte	Movimentação de materiais ou produtos, de forma desnecessária entre processos;
Inventário	Excesso de material, como matéria prima, produto acabado ou WIP (<i>Work In Progress</i>), causam custos de transporte, armazenamento e atrasos;
Defeitos	Falhas no processo produtivo, em que o produto final não corresponde às especificações do cliente;
Sobreprodução	Produzir mais do que é necessário, antes que seja necessário. A sobreprodução é frequentemente usada para antecipar os pedidos, ou até mesmo prevenir falhas na entrega do material por avarias nos equipamentos;
Movimento	Todo o movimento desnecessário que os funcionários precisam executar durante o trabalho.
Não aproveitamento do potencial humano	Saber escutar os trabalhadores e aproveitar as capacidades intrínsecas de cada pessoa, pode render muito à organização.

2.2.3 Ferramentas *Lean*

Para Seddon e O'Donovan (2010), a aplicabilidade das ferramentas é universal e adapta-se a todo o tipo de indústrias, incluindo serviços.

As diretrizes de mudança de paradigmas apoiadas pela metodologia *Lean* são aplicáveis através de diversas ferramentas. Estas são consideradas um fator-chave no desempenho dos sistemas de produção. As empresas aplicam cada vez mais as várias ferramentas existentes para a melhoria da qualidade (Pires, 2014), entre as quais:

- **Value Stream Mapping (VSM):** esta ferramenta consiste na análise do fluxo das etapas e informações do processo, desde o início da criação até a entrega ao cliente. Este é apenas um método analítico que avalia as falhas, mas não as soluciona, ou seja, é uma ferramenta relevante para a identificação de problemas. Estes poderão ser solucionados através de outras ferramentas *Lean* (Correia *et al.*, 2018).
- **Análise SWOT:** Ferramenta de planeamento estratégico amplamente utilizada para processos de decisão (Cui *et al.*, 2019), tendo em conta pontos fortes (*Strengths*) e fracos (*Weaknesses*), referentes à empresa; e oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*), referentes ao meio externo;
- **Metodologia 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*):** tem como finalidade aperfeiçoar a qualidade de trabalho, melhorar a produtividade, aumentar a eficiência do espaço de trabalho, melhorar a segurança, diminuir os defeitos e os acidentes, aumentar a motivação dos colaboradores e diminuir os custos de operação (Ribeiro *et al.*, 2019);
- **Gestão visual:** ferramenta da metodologia *Lean*, de elevada importância na indústria fabril. É uma ferramenta que deve conceber instrumentos de fácil compreensão, de modo a expor os problemas visíveis e simplificar o trabalho a executar. O *Kanban* é um exemplo de utilização deste tipo de ferramenta. Esta ferramenta, de origem Japonesa, garante o funcionamento do sistema pull, em que o processo subsequente retira as partes produzidas no processo precedente, através de um controlo simples e visual do fluxo de materiais, pessoas e informação (Rodrigues *et al.*, 2019);
- **Fluxogramas:** ferramenta com o objetivo de padronizar os processos, de forma a garantir a eficiência e a qualidade da produção (Silva *et al.*, 2020);
- **Diagrama Spaghetti:** representação visual que utiliza uma linha de fluxo contínua, de forma a rastrear o caminho de um item ou atividade, através de um processo. Como ferramenta de análise de processo. Esta linha permite que se identifiquem redundâncias e oportunidades para otimizar o fluxo do processo em estudo. Os principais locais onde se aplica esta metodologia é em áreas de descarga, armazém e chão de fábrica (*Gemba*), como refere Mahajan (2019).

2.3 Layouts de instalações industriais

2.3.1 Definição de Layout

O *layout* consiste na dispersão espacial organizada de vários elementos que compõem um sistema de criação de valor, composto por vários processos e funções, num determinado espaço tridimensional finito, no qual fluem alguns elementos como, equipamentos, materiais, pessoas, informação, segurança e comunicação. A disposição dos elementos numa fábrica pode ser enquadrada num dos quatro tipos genéricos de *layouts*; posicional, por processo, por produto e celular (Muther e Hales, 2015), Tabela 4 e Figura 5.

Tabela 4 - Quadro resumo dos vários tipos de *layout*

Tipos de <i>Layout</i>	Descrição
Processo	Slack (1997) refere que as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo neste <i>layout</i> , dominam a decisão sobre a disposição física, ou seja, neste tipo de <i>layout</i> , processos com necessidades similares estão aglomerados, para que os recursos de transformação sejam beneficiados.
Produto	O <i>layout</i> por produto caracteriza-se pela disposição do processo de acordo com a sequência da transformação do material. O fluxo de materiais encontra-se encadeado diretamente de uma estação de trabalho para outra. Este tipo de <i>layout</i> aplica-se quando existem volumes de produção elevados.
Projeto ou Posicional	Os produtos não circulam dentro das instalações de produção são os diferentes recursos que se deslocam para executar as operações sobre o produto (máquinas, trabalhadores, etc.). Este tipo de <i>layout</i> é habitualmente encontrado em indústrias que fabricam produtos de grande porte, como navios ou aeronaves (Groover, 2010).
Celular	O <i>layout</i> celular é definido como aquele em que os componentes de um produto são pré-selecionados para serem transformados numa parte específica do processo, na qual os recursos transformadores se encontram disponíveis numa estação específica para o efeito (Slack 1997).

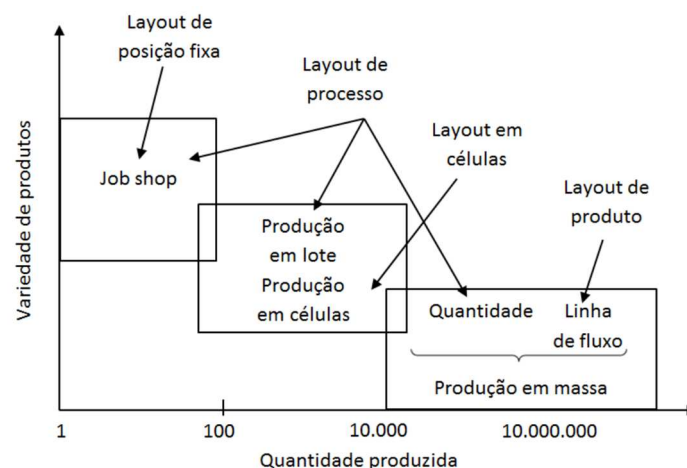


Figura 5 - Tipos de *layout* de acordo a variedade dos produtos e o volume de produção (Fonte: Groover, 2010).

Segundo Teles (2017), o estudo de *layout* é de extrema importância, uma vez que é garantida a escolha certa para dar agilidade ao processo. Hajri-Gabouj (2007) afirma que a disposição dos recursos e equipamentos afeta diretamente os custos de produção e produtividade. Assim, uma alocação racional dos recursos, contribui significativamente para o aumento da eficiência das operações e redução dos custos de movimentação. O mesmo autor afirma que neste sentido, o *layout* é uma ferramenta crucial para atingir a excelência, pois permite eliminar ou reduzir uma percentagem significativa de falhas no processo, levando a melhorias na produtividade e na distribuição dos produtos.

O planeamento de um *layout* é a definição da disposição dos recursos físicos, tais como máquinas, equipamentos, dispositivos de manuseamento de material, etc., considerando a planta da fábrica, de modo a tentar ter um fluxo de materiais mais rápido, ao menor custo e com a menor quantidade de manipulação no processamento do produto, desde a receção de material até à expedição do produto acabado (Tak e Yadav, 2012 (a)).

A disposição do *layout* é conhecida por ter um impacto significativo sobre os custos de produção, níveis de *Work in Progress* (WIP), *lead time* e produtividade. Um *layout* adequado contribui para a eficiência global das operações. Assim sendo, a estrutura de um *layout* influencia o desempenho e a competitividade operacional de uma organização (Freitas, 2019).

O estudo do planeamento de *layout*, é normalmente abordado como fator quantitativo, tendo como objetivo minimizar o custo de movimentação de pessoas e materiais numa instalação concreta (Francis., 1992). No entanto, segundo Francis e White, (1974), o estudo de *layout* deve considerar fatores qualitativos, tais como, a segurança da instalação, a flexibilidade do *layout*, o ruído e a estética.

Devido às rápidas mudanças nas técnicas de produção e ao surgimento de novos equipamentos, poucas empresas serão capazes de manter as suas instalações com o mesmo *layout*, sem prejuízo da sua posição competitiva no mercado (Calais, 2012). O mesmo autor acredita que uma das formas efetivas de aumentar a produtividade e reduzir custos é eliminar ou reduzir atividades excedentárias, que não acrescentam valor e, por isso, geram desperdício.

Assim sendo, para a elaboração de um bom *layout*, existem vários fatores que devem ser considerados:

- **Espaço** - É necessário analisar o espaço existente e, posteriormente, prepará-lo para eventuais expansões ou alterações, consoante as necessidades da organização;
- **Fluxos e movimentação** - O *layout* deverá ser dimensionado de modo a promover e facilitar os fluxos dos processos e operações, sem obstáculos ou constrangimentos em toda a extensão da cadeia de valor;
- **Manuseamento de materiais** - Tem que existir condições para o manuseamento e movimentação de materiais (matérias primas (MP), *work in process* (WIP), produto acabado (PA), equipamentos e contentores). O fluxo deverá ser simples, organizado e eficiente;

- **Marcação de espaços** - Sinalizar e marcar a implantação de máquinas e equipamentos, circuitos logísticos e de pessoas, zonas de armazenamento de material, limites dos equipamentos, entre outros;
- **Receção e expedição** – Dimensionar de acordo com a capacidade e operacionalidade as atividades de receção e expedição;
- **Segurança** - Instalar um *layout* que satisfaça o bom funcionamento das operações, com total segurança para as pessoas e em pleno cumprimento das regras e regulamentações definidas pela Higiene e Segurança no Trabalho (HST);
- **Comunicação e informação** – Permitir a facilidade de comunicação entre atividades, processos, colaboradores e *stakeholders*;
- **Promoção e posicionamento** – Os *layouts* das instalações são uma montra para o exterior, ou seja, contribuem para a definição de uma posição e uma identidade da organização perante os seus clientes e fornecedores;
- **Motivação e satisfação** - Promover a satisfação e motivação dos colaboradores, ao proporcionar melhores condições de trabalho.

Um bom *layout* contribui para a eficiência e eficácia dos processos e promove a relação ideal entre pessoas, materiais (MP, WIP e PA) e equipamento, ao menor custo e tempo possível. Um *layout* mal dimensionado, pode causar uma menor rentabilidade económica e operacional e, por conseguinte, menor competitividade. Se um *layout* for mal dimensionado, este poderá ser uma fonte de ineficiências e desperdícios que, integrados na função tempo (repetição ao longo do tempo), adquirem uma dimensão significativa, tirando margem à produtividade. *Layouts* mal dimensionados podem provocar nas organizações os seguintes desperdícios:

- Circuitos internos longos;
- Custos de operações elevados;
- Movimentações excessivas;
- Pontos de estrangulamento;
- Fraca comunicação;
- Excesso de inventário.

2.3.2 *Systematic Layout Planning (SLP)*

O *Systematic Layout Planning (SLP)* é uma ferramenta desenvolvida por Richard Muther, utilizada para organizar o *layout*, localizando áreas com alta frequência e relações lógicas próximas umas das outras. O processo permite que o fluxo de material necessário à produção do produto seja efetuado mais rapidamente, com menor custo e com menor processamento/manipulação (Muther e Hales, 2015).

Como referido anteriormente, a otimização de *layout* é um processo crucial para, dentro da área industrial e armazéns, reduzir de forma significativa os desperdícios. Ajuda a eliminar a falta de valor agregado ao trabalho, devido ao *design* e à gestão menos cuidada do *layout*. O tempo útil de produção acaba por ser bastante reduzido, diminuindo assim a produtividade e aumentando os custos (Sutari e Sathish, 2014).

Este método encontra-se dividido em três fases, nomeadamente, fase de análise, fase de pesquisa e fase de seleção, como refere a Figura 6.

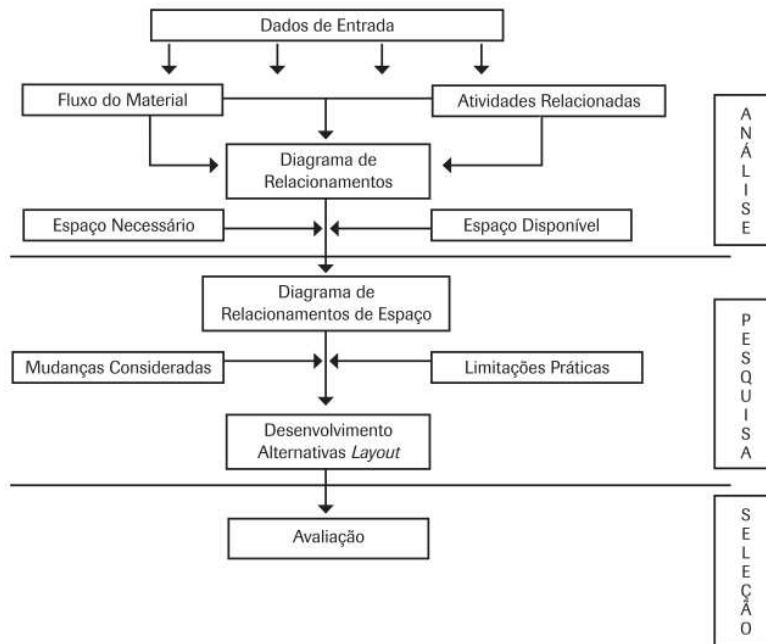


Figura 6 - Fases do método SLP (Fonte: adaptada de Tompkins et al 1996)

A fase de análise engloba o estudo dos fluxos de materiais, bem como todas as atividades existentes no interior do edifício/área de produção/armazém. Após definir minuciosamente todos os processos, produtos, equipamentos e fluxos, é então elaborado um diagrama de relações. A construção do diagrama de relações das atividades requer primeiramente a identificação da razão e o peso/importância dessa proximidade ou afastamento. Desta forma, Muther (1978) define as letras “A, E, I, O, U e X”, com as quais a razão de proximidade entre departamentos será classificada, sendo “A” definido como absolutamente necessário, até “X” que representa o indesejável. Neste diagrama de interligações preferenciais, pode ainda ser representado o motivo da razão de proximidade, normalmente identificado sob a forma numérica. A Figura 7 representa um exemplo de um diagrama de relações.

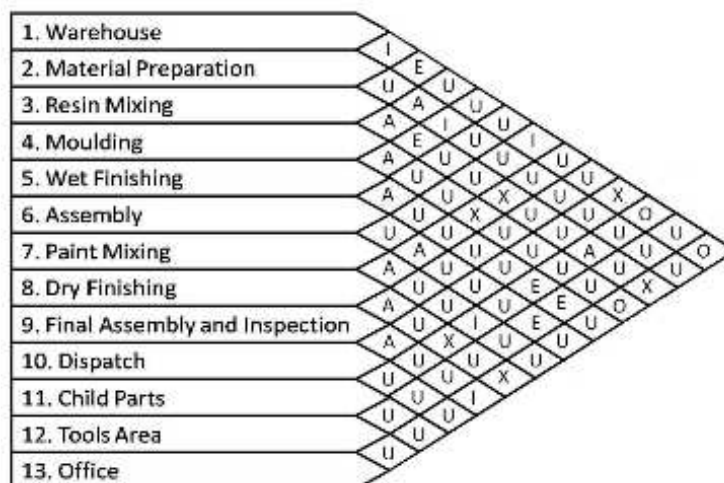


Figura 7 - Exemplo de diagrama de relações (Fonte: (Sutari e Sathish, 2014))

Após a elaboração e análise de relações entre atividades, segue-se então a fase de pesquisa, na qual devem ser consideradas as possíveis restrições que provocarão mudanças necessárias ao projeto de *layout* desenvolvido.

Desta forma, o *layout* deve ser ajustado, considerando as necessidades do fluxo produtivo e algumas restrições práticas que possam comprometer a sua total aplicação conforme foi projetado, tais como: meios de movimentação de materiais, peso e dificuldade na movimentação de certos equipamentos, risco de acidente para os trabalhadores, necessidade de controlo de temperatura em parte do processo produtivo, relevo da área de implantação, serviços de recurso ao processo, localização de elevadores em instalações multi-nível, postes, pilares, paredes, entre outros, conforme referido por Lee (1998), citado por Calais (2012). Após definir os critérios, passa-se então para a elaboração das várias alternativas de *layout*.

A fase seguinte é a mais crítica. Na fase de seleção, realiza-se uma avaliação das várias alternativas de *layout* apresentadas, de modo a determinar a solução ideal. Para esta fase, na literatura, normalmente são utilizados métodos que suportem a escolha, métodos estes denominados por análises multicritério. Estas análises definem critérios, tais como: maximizar a flexibilidade para futuras expansões, minimizar o *re-layout*, maximizar fatores humanos, minimizar o custo, maximizar o aproveitamento da área, maximizar a linearidade de fluxo e maximizar o relacionamento entre atividades produtivas (Kerns, 1999). Normalmente, estas análises são realizadas em *softwares*, de modo a obter uma melhor avaliação dos dados.

A aplicação da metodologia SLP é utilizada para vários conceitos de planeamento de *layouts*. A Tabela 5 refere alguns exemplos de utilização deste método.

Tabela 5 - Exemplos da aplicação da metodologia SLP

Artigo	Descrição
Barnwal <i>et al.</i> (2016)	Os autores recorreram ao método SLP para reestruturar o <i>layout</i> fabril existente de modo a aumentar a produtividade. O estudo foi realizado numa empresa do sector automóvel, onde foram analisados os fluxos de material, número de equipamentos utilizados para transporte de material e as distâncias percorridas. Com a aplicação do método, foram elaboradas várias alternativas de <i>layout</i> , analisando os fluxos de material, conseguindo assim obter uma solução que reduzisse significativamente as distâncias percorridas e, conseqüentemente, foi reduzido o tempo gasto na produção, aumentando assim a produtividade.
Ojaghi <i>et al.</i> (2015)	Os autores recorreram ao método para encontrarem uma alternativa de <i>layout</i> sustentável, que minimizasse as distâncias percorridas, as movimentações de material e as perdas. O estudo foi elaborado numa empresa da indústria alimentar. Foram elaborados vários <i>layouts</i> através desse método, e calcularam a sua respetiva eficiência. O <i>layout</i> com maior eficiência foi o selecionado, tendo sido obtidos os resultados pretendidos. Com este estudo, concluíram que sempre que se crie uma nova fábrica, é necessário desenvolver esta metodologia, para garantir um processo sustentável e com o menor número de perdas possível.

Artigo	Descrição
Tortorella <i>et al.</i> (2008)	Os autores propuseram a utilização do método SLP numa empresa de indústria automóvel, que necessitava de aumentar a sua área fabril. Com este estudo, elaboraram várias alternativas de layout capazes de otimizar os fluxos de material, maximizar a flexibilidade para futuras expansões, isto é, aproveitar ao máximo as áreas de produção. Com esse estudo, concluíram que com a utilização de metodologias que agilizassem o desenvolvimento de alternativas de <i>layout</i> , seria proporcionado um incremento da quantidade de soluções e, conseqüentemente, seria potenciada uma aproximação à solução ótima para o problema.

2.4 Analytic Hierarchy Process (AHP)

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é uma das ferramentas de apoio à tomada de decisão multicritério com maior número de aplicações práticas reportadas na literatura, particularmente em problemas envolvendo avaliações subjetivas. As áreas de aplicação incluem engenharia, educação, indústria e setores governamentais. Os problemas abordados são tipicamente de seleção e avaliação de alternativas (Saaty *et al.* 2008).

Segundo (Dieguez, 2020), para tomar uma decisão de maneira organizada e gerar prioridades, é necessário decompor a decisão, observando as seguintes etapas:

- 1) Definir o problema e determinar o objetivo a ser solucionado;
- 2) Estruturar a hierarquia de decisão, estando no topo o objetivo da decisão, em seguida os critérios definidos e, por fim, no nível inferior, as alternativas propostas. Organizar o problema numa estrutura hierárquica que reflita as relações existentes entre os critérios de decisão e as alternativas propostas (Figura 8);
- 3) Comparar, em pares, os elementos posicionados num nível hierárquico com relação a elementos no nível superior adjacente. Para fazer as comparações, é necessária uma escala de números (Tabela 6) para indicar o quanto um elemento é mais importante ou dominante em relação ao critério ou prioridade que são comparados;
- 4) Analisar as matrizes de comparações geradas anteriormente através do cálculo de autovetores e autovalores máximos, e de indicadores de desempenho deles derivados, tais como os índices de consistência das avaliações.

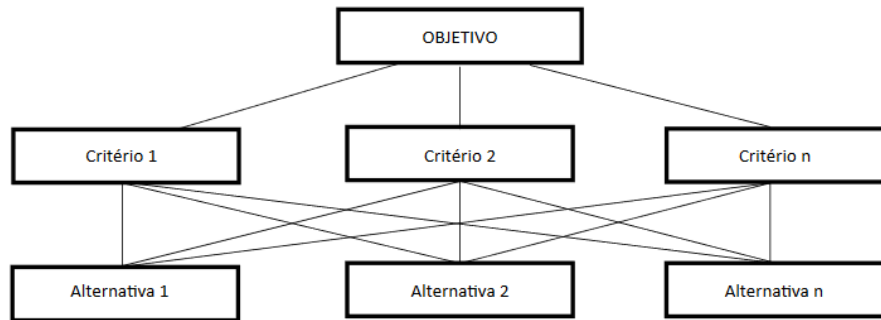


Figura 8 - Nível hierárquico do método AHP, adaptado de Saaty (1991).

Tabela 6 - Níveis de importância para a comparação de critérios no AHP, adaptado de Saaty (1991).

Pontuação	Intensidade	Forma de avaliação
1	Igual importância	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada	Um dos critérios é moderadamente favorável sobre o outro
5	Importância forte	Um dos critérios é fortemente favorável sobre o outro
7	Importância muito forte	Um dos critérios é muito mais favorável que o outro
9	Importância extrema	Um dos critérios é extremamente favorável sobre o outro
2,4,6,8	Valores intermediários	Necessidade de definir valores intermediários para os critérios

As matrizes de comparação par a par, consistem na atribuição de um grau de importância, apresentados na tabela 6, a cada critério em função dos outros critérios. A elaboração destas matrizes descreve que o número, na linha i e na coluna j , refere-se a importância do critério C_i em relação a C_j , como apresenta a seguinte matriz:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2j} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ 1/a_{1j} & 1/a_{2j} & 1/a_{3j} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Assim, o valor a_{ij} representa a importância relativa do critério da linha i (C_i) face ao critério da coluna j (C_j) (Santos, 2008). Os valores recíprocos são preenchidos com os valores inversos ao da análise original.

Após definir as comparações entre os diferentes critérios, é necessário normalizar a matriz comparativa, dividindo cada valor da matriz pelo total da sua respetiva coluna.

Os pesos de cada critério, são determinados pelo cálculo do vetor prioridades (λ). Este, define a contribuição que cada critério terá na meta estabelecida através da média aritmética dos valores

normalizados de cada critério (Vargas, 2010). Depois do cálculo do vetor prioridade, segue-se a verificação da consistência dos dados encontrados, de modo a garantir que as tomadas de decisão foram coerentes e não se gerou inconsistência na atribuição dos graus de importância na matriz. Por exemplo, se for dito que $A > B$ e $B > C$, seria incoerente dizer que $C > A$, gerando assim uma inconsistência (Vargas, 2010).

O Índice de Consistência tem como base o autovalor (λ_{\max}) da matriz de comparação. Este valor é calculado através do somatório do produto entre os pesos definidos, valores do autovetor, e o total das suas respectivas colunas na matriz de comparação original (Saaty *et al* 2008). Assim, determina-se o Índice de Consistência (CI) por:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

sendo n o tamanho da matriz comparativa.

Com o Índice de Consistência, calcula-se a Taxa de Consistência (CR), determinada por:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

O valor de RI (Índice de consistência aleatória) é fixo e foi proposto por Saaty, conforme tabela abaixo (Tabela 7). Se $CR < 0,1$, as comparações de matrizes não são inconsistentes e as avaliações são válidas. Saaty considera que um valor de $CR < 0,10$ é aceitável; sempre que CR esteja compreendido entre 0,10 e 0,20, os valores são considerados toleráveis; para valores de $CR > 0,20$, sugere-se uma revisão na matriz de comparações. Se, eventualmente, o valor de CR for 0, então estamos perante respostas consistentes.

Tabela 7 - Valor de RI para matrizes quadradas de ordem n (Adaptado Saaty, 1980)

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

Esta medida de consistência permite avaliar, quer o grau de coerência do decisor, quer o de toda a hierarquia.

Todos estes cálculos podem ser realizados, manualmente ou por ferramentas apropriadas. Quando a análise de decisão envolve vários critérios e/ou alternativas, o cálculo manual pode torna-se demorado e complexo. Existem softwares disponíveis no mercado capazes de agilizar todo este processo, apresentando resultados rápidos e precisos. Um exemplo de software é o *RStudio*. Este consiste na análise de dados estatísticos e contém a funcionalidade de desenvolvimento do método AHP, onde apenas é necessário introduzir os dados que queremos comparar e analisar.

Este método de análise pode ser aplicado em várias vertentes, na Tabela 8, estão demonstrados alguns exemplos da aplicação da metodologia.

Tabela 8 - Exemplos da aplicação do método AHP

Artigo	Descrição
Goecks <i>et al.</i> (2018)	Os autores recorreram ao método AHP para solucionar uma melhor proposta de <i>layout</i> numa empresa de embalagens. O estudo foi desenvolvido pelo método SLP, apresentando possibilidades de <i>layouts</i> , e por métodos multicritério para a tomada de decisão, selecionando a melhor proposta através do estudo AHP. Através do método SLP, elaboraram-se cinco alternativas de <i>layout</i> e, através do método AHP, selecionaram-se critérios para avaliação de cada proposta (fluxo de material, flexibilidade para futuras expansões, etc.). Os critérios foram quantificados e calculou-se a eficiência de cada alternativa, optando pela que atendia às necessidades da empresa.
Favretto <i>et al.</i> (2016)	Os autores recorreram ao método para selecionar o melhor <i>software</i> de gestão para uma universidade. A aplicação da metodologia multicritério foi aplicada para definir qual a melhor empresa de <i>software</i> , analisando os critérios definidos, nomeadamente, melhor preço, tecnologia, facilidade operacional, entre outros. Com a aplicação desta metodologia, foram avaliados comparativamente todos os critérios e selecionado o melhor, segundo os dados obtidos através da utilização do método.
Tortorella <i>et al.</i> (2008)	Os autores propõem a utilização do método SLP, com suporte na metodologia AHP, numa empresa de indústria automóvel que necessita de aumentar a sua área fabril. Com este estudo elaboraram várias alternativas de <i>layout</i> capazes de otimizar os fluxos de material, maximizar a flexibilidade para futuras expansões, isto é, aproveitar ao máximo as áreas de produção. Neste estudo as decisões foram tomadas segundo os dados apresentados, para cada proposta de <i>layout</i> , pelo método AHP.

TRABALHO PREPARATÓRIO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 CARATERIZAÇÃO DO PRODUTO E DOS PROCESSOS

3.3 LAYOUT DA EMPRESA – FASE DE ANÁLISE

3.4 ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAL PERANTE O LAYOUT
ATUAL

3 TRABALHO PREPARATÓRIO

O presente capítulo contém uma descrição detalhada do problema abordado neste projeto, as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento e resolução do mesmo, bem como os resultados obtidos.

Como referido anteriormente, a definição do *layout* do novo edifício, denominado de módulo F6, vai ser elaborada com recurso ao método SLP, que suporta a análise das várias possibilidades de *layout*, bem como da ferramenta AHP, que irá contribuir para selecionar qual a melhor opção proposta. O desenvolvimento deste estudo está de acordo com as três fases do método SLP: análise, pesquisa e seleção.

Na fase de análise, será caracterizada a empresa, os produtos que fabrica, o volume de componentes produzidos, o fluxo de material que existe entre os diferentes módulos e dentro dos mesmos, bem como os equipamentos necessários para este transporte de material e o número de viagens efetuadas, mas também os *layouts* iniciais e os equipamentos que constituem os módulos. Nesta fase, são descritos todos os dados necessários para que na fase de pesquisa se possam definir quais os critérios para desenvolver as várias propostas de *layout*. Por fim, na fase de seleção, com o apoio da análise AHP, será possível selecionar a melhor proposta apresentada.

3.1 Caracterização da Empresa

3.1.1 O grupo FICOSA

O grupo Ficosa iniciou atividade em 1949 em Barcelona, criado por Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó, numa pequena oficina de cabos mecânicos. Durante os anos 70, iniciaram o processo de internacionalização, abrindo um escritório em Portugal. Quando Espanha se juntou à União Europeia, em 1986, o grupo iniciou uma forte expansão internacional, criando gradualmente centros de produção e desenvolvimento de produto em 16 países situados entre a Europa, Ásia, América do Norte e América do Sul, como demonstra a Figura 9 e Tabela 9. Em 2010, o grupo adquiriu a fábrica da Sony em Viladecavalls, estabelecendo aí o novo centro de tecnologia e desenvolvimento de produto mais importante do grupo. Em 2015, o grupo aliou-se à Panasonic, assegurando assim a sua posição no mercado das novas tecnologias, através de um acompanhamento mais próximo da evolução tecnológica na indústria automóvel. Atualmente, a Panasonic é o maior acionista do Grupo FICOSA.



Figura 9 - Grupo Ficosa distribuído pelo mundo (Fonte: Ficosa)

Tabela 9 - Descrição da distribuição da Ficosa pelo mundo

Continente	Número de unidades fabris	Tipo de unidade
África	1	Produção
América	6	Comercial, Centro técnico, Desenvolvimento de produto, Produção;
Ásia	10	Comercial, Centro técnico, Desenvolvimento de produto, Produção;
Europa	15	Comercial, Centro técnico, Desenvolvimento de produto, Produção;

O grupo FICOSA é responsável pela produção de componentes para a indústria automóvel, onde o principal objetivo de todas as empresas que integram este grupo é obter produtos com a máxima qualidade, apostando na criatividade e tendo sempre como princípio o respeito pelo homem e pelo ambiente. A Ficosa é líder na conceção e fabricação de componentes automóveis, criando e desenvolvendo tecnologias próprias com patentes e registos de sistemas e peças, que incorporam as mais prestigiadas marcas do ramo automóvel.

3.1.2 A Fico Cables

A Fico Cables iniciou a sua atividade em finais de 1971 através do Eng.º Franco Dias, numa garagem com apenas três funcionários, sendo denominada na época de Teledinâmica. Posteriormente, admitiu como associada a Pujol e Tarragó, incorporando-se assim no grupo Ficosa Internacional, S.A. Esta sociedade permitiu à Teledinâmica beneficiar das capacidades e da assistência técnica na produção de cabos de comando e transmissões de conta-quilómetros para veículos automóveis. Anos mais tarde, com o aumento da exportação para Itália e aquisição de novos clientes, houve necessidade de aumentar a unidade fabril, passando a ser denominada por Fico Cables.

Hoje, a Fico Cables continua integrada no grupo FICOSA, contando com cerca de 1200 colaboradores e dedica-se à produção de mecanismos destinados à indústria automóvel. A entrada da Panasonic para o grupo permitiu à Fico Cables a expansão das instalações e criação de condições para o desenvolvimento de novos produtos.

Nos dias de hoje, a Fico Cables é responsável pelo fabrico de dois componentes distintos, nomeadamente, cabos de comando e sistemas de conforto. A sua produção é em média cem milhões de peças por ano, correspondendo a um valor de vendas de cerca de 63 M€/ano, como está representado nos gráficos das Figura 10 e Figura 11.

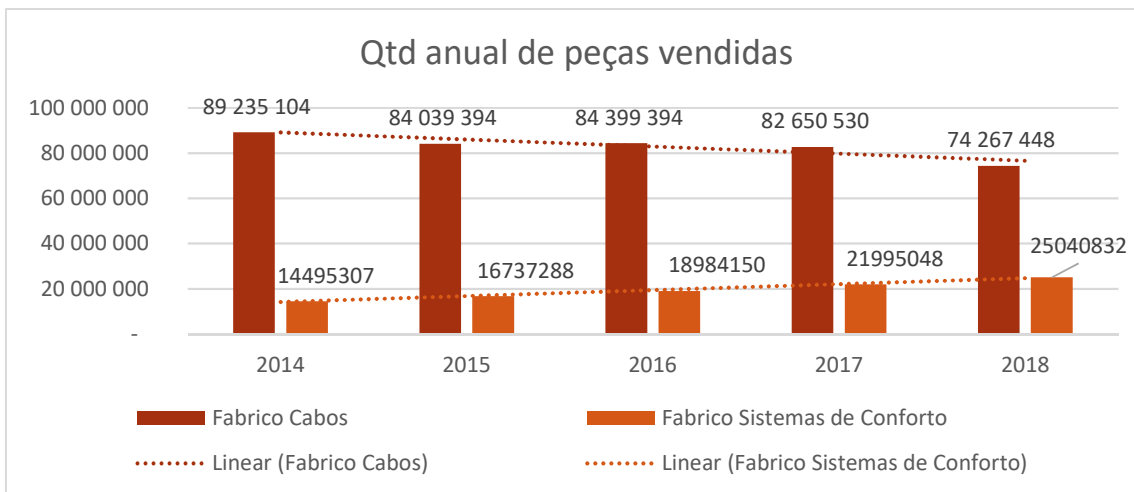


Figura 10 - Quantidade de peças vendidas por ano

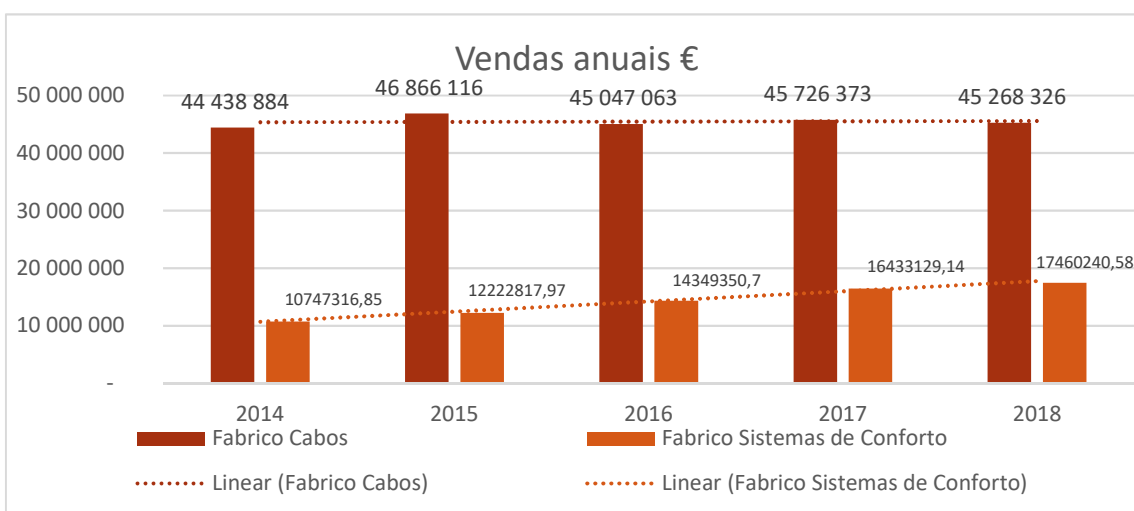


Figura 11 - Vendas anuais da Fico Cables

Como principais clientes destacam-se a Brose, Volkswagen e Adient, como demonstra o gráfico da Figura 12.

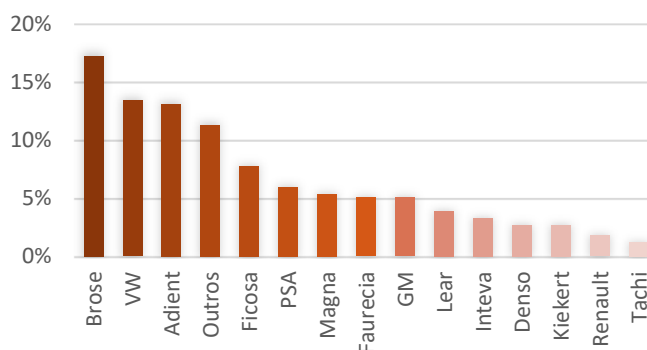
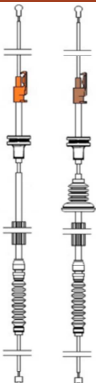
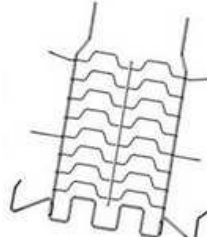
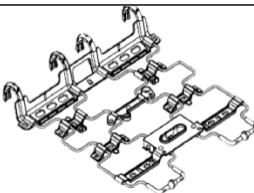


Figura 12 – Principais clientes da Fico Cables Lda.

3.2 Caracterização do produto e dos processos

A Fico Cables é responsável pelo fabrico de cabos de comando, nomeadamente, para porta, travão, espelho, entre outros, assim como sistemas de conforto, tais como coxins, *Suspension Mat*, como está descrito na Tabela 10.

Tabela 10 - Descrição dos componentes produzidos na Fico Cables.

Categoria	Descrição	Aplicação	Exemplo
Cabos de Comando	Cabos introduzidos no interior do carro que têm como função acionar mecanismos, permitindo a transmissão de movimento	Abertura de portas, capot, regulação de espelhos e assentos, acionamento do travão de mão, entre outros.	
Sistemas de conforto: <i>Suspension Mat</i>	Sistema que proporciona suporte e conforto ao encosto lombar	Suporte inserido no interior do encosto do assento	
Sistemas de conforto: Coxins	Sistema de assento flexível que proporciona conforto ao utilizador	Suporte inserido no interior dos estofos inferiores do assento	

Para além destes produtos, a Fico Cables também apostou no desenvolvimento e produção de outros sistemas de conforto que integram o assento do veículo, denominados de lombares pneumáticos, Figura 13. Nos *Suspension Mat*, estas estruturas estão colocadas no interior do assento e o sistema pneumático permite regular a zona lombar, de modo a ficar mais confortável para o utilizador. Para além dos lombares, também são produzidos suportes laterais, Figura 14, que permitem a regulação do encosto lateral existente em alguns tipos de assentos.

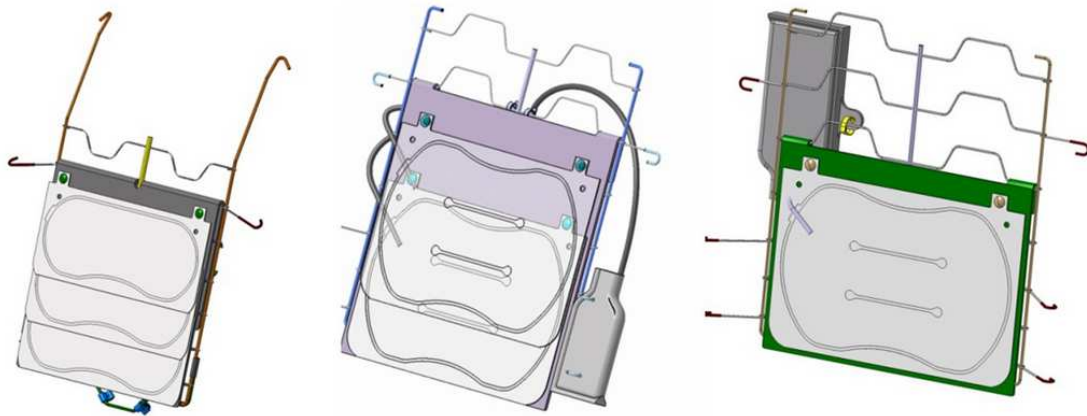


Figura 13 - Exemplos de sistemas lombares pneumáticos

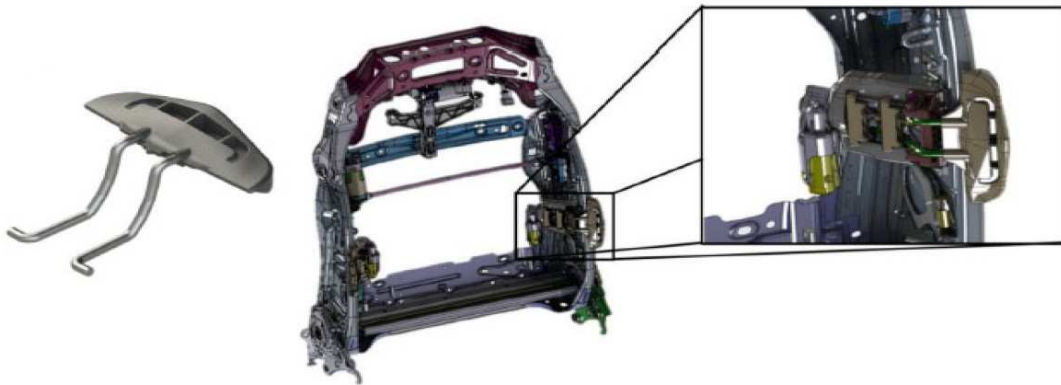


Figura 14 - Exemplo de suporte lateral e respetiva aplicação no assento

3.2.1 Cabos de comando

Como referido anteriormente, o cabo tem como principal função acionar mecanismos no interior do automóvel. Na Figura 15 e na Figura 16 estão representados exemplos de cabos de porta acabados de produzir, bem como a sua disposição no interior do veículo.



Figura 15 - Exemplo de um cabo de porta



Figura 16 - Exemplo de um cabo de porta inserido no interior do veículo

Os cabos contêm vários tipos de componentes, dependendo da sua funcionalidade. A Figura 17 demonstra um exemplo de um cabo e os componentes que o constituem, a sua legenda e a sua função está representada na Tabela 11 (Rosa *et al.*, 2017 (b)).



Figura 17 - Exemplo de um cabo de comando

Tabela 11 - Composição de um cabo de comando (Adaptado de Rosa *et al.*, 2017 (b))

Legenda	Componente	Descrição
(1)	Terminal de espiral	Tem como objetivo posicionar a espiral no mecanismo. Este pode ser fixo à espiral por punção ou por sobreinjeção;
(2)	Cabo metálico com Terminal de Zamak	O cabo metálico é inserido no interior do espiral. O terminal do cabo metálico tem como objetivo a fixação do cabo ao sistema atuador;
(3)	Tubo de proteção (exterior)	Existem três tipos de tubos, estrela, de borracha ou esponja. Todos estes têm como função evitar ruídos provocados pela oscilação do cabo;
(4)	Espiral	Tem como função criar a proteção necessária à movimentação do cabo metálico. Esta pode ser de três tipos, laminada, armada ou tipo <i>barided</i> .
(5)	Guarda Pó	Tem como função evitar a entrada de resíduos para o interior da espiral permitindo um correto deslizamento do cabo metálico;

Para além destes componentes, existem outros utilizados para o fabrico do cabo, dependendo da sua especificação e aplicação no veículo, nomeadamente, borracha de fixação (*grommet*), que tem como função impedir a passagem de humidade e resíduos da zona húmida para a zona seca do veículo, *clips*, que são aplicados para fixação do cabo e tubo interior, que se encontra no interior do espiral e tem como objetivo evitar a fricção do cabo metálico com a espiral (Rosa *et al.*, 2017 (b)).

No diagrama da Figura 18 está elaborada a árvore de produto de um exemplo de cabo de porta, de modo a perceber quais os componentes que constituem este produto. Após perceber quais os componentes que constituem um cabo de comando, é possível concluir que este está sujeito a vários processos de fabrico até estar pronto para expedir para o cliente. O diagrama da Figura 19, descreve a complexidade do processo de produção.

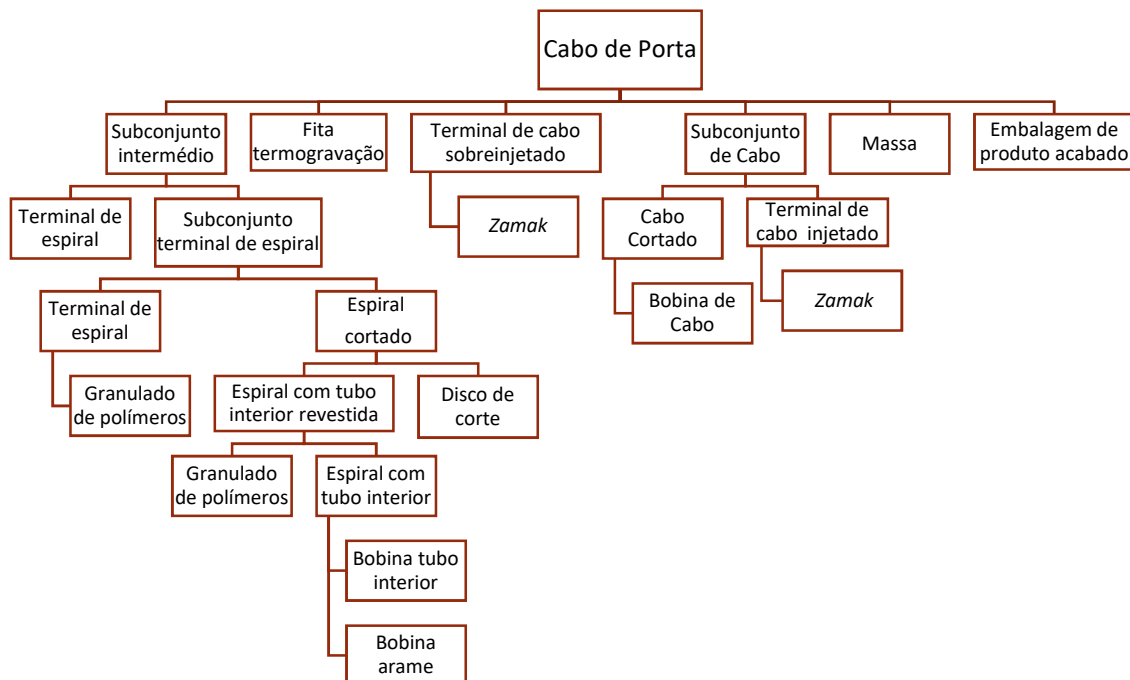


Figura 18 - Árvore de produto de um cabo de porta

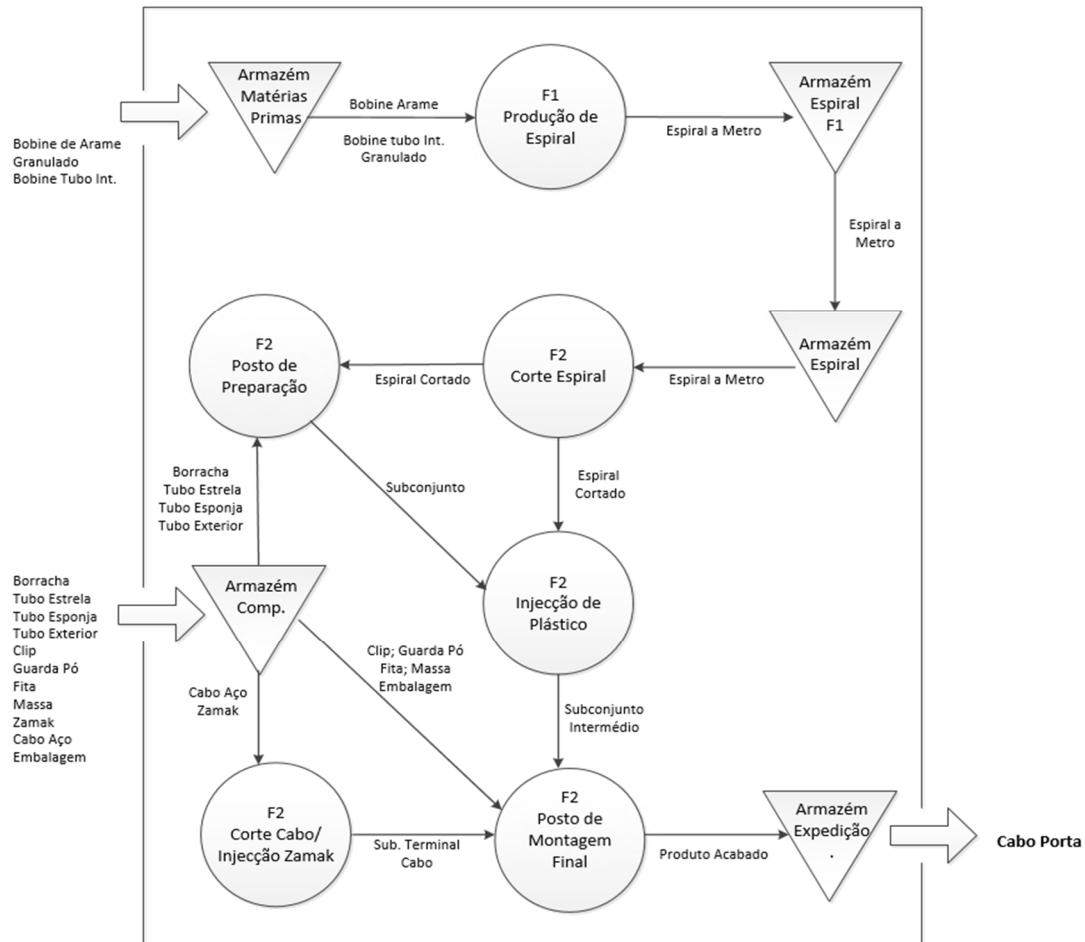


Figura 19 - Diagrama do processo de um cabo de comando

Como demonstrado no diagrama anterior, a produção de um cabo agrega vários tipos de processos e, conseqüentemente, vários tipos de equipamentos.

Em suma, segundo Moreira *et al.* (2017), o processo mais comum para a produção de um cabo é composto por duas estações de preparação, duas máquinas de injeção (Operação B) e uma linha de montagem. A produção / montagem deste tipo de cabo é dividida em três etapas:

1. Preparação de um subconjunto, agregando vários componentes, a espiral, o tubo de proteção e a borracha de fixação nas duas primeiras estações de preparação;
2. O subconjunto preparado vai para as máquinas de injeção para sobreinjetar os terminais nas duas extremidades da espiral; processo de injeção que está diretamente ligado à preparação do subconjunto;
3. Depois da preparação do subconjunto e posterior sobreinjeção de terminais na espiral, o produto segue para a linha de montagem, onde serão montados os restantes componentes, nomeadamente, o cabo metálico com terminais de uma liga de zamak, *clips* e guarda pós.

Na seqüência de todos estes processos, foram elaborados inúmeros estudos para otimização dos mesmos, de modo a aumentarem a produtividade e a qualidade do produto.

Moreira *et al.* (2017), desenvolveu uma abordagem sobre a unificação de diferentes operações de fabricação e montagem numa única célula. Apresentou um sistema de produção flexível que garante que esta célula é capaz de produzir mais do que uma referência de produto. Assim, concluiu-se que através da reestruturação mecânica do equipamento e integração / ajuste dos autómatos, é possível promover a integração das operações de montagem de subconjuntos, aumentando a produtividade, a qualidade e a flexibilidade.

Santos *et al.* (2019), projetou uma solução para o transporte da espiral ao longo de uma linha de produção automática, onde são realizadas várias operações nas espirais, nomeadamente corte, rebarbagem, fixação de terminais nas extremidades da espiral e inserção do tubo exterior. Através do novo sistema, reduziu-se o número de subprodutos no processo de fabricação e a flexibilidade aumentou significativamente; por outro lado, o tempo de instalação diminuiu drasticamente (redução de 97%). Neste projeto a estratégia consiste em resolver o maior número possível de problemas e tentar simplificar o mecanismo, facilitando futuras intervenções e atualizações deste sistema. Este novo conceito, pode ser adaptado a outros equipamentos com funções diferentes além do desenvolvido através desse estudo.

Rosa *et al.* (2017 (a)), com o objetivo de otimizar o processo produtivo de linhas de montagem dedicadas à produção de cabos de comando, analisou todos os problemas e insuficiências do processo. Foram mapeadas todas as atividades e medidos os tempos gastos em cada uma delas. Através da introdução / aplicação de ferramentas Lean, nomeadamente, o mapeamento de fluxo de valor, gestão visual, 5S, *Standard Work*, SMED e o ciclo PDCA, permitiu ganhos de produtividade superiores a 40% em qualquer uma das linhas, sendo que todas essas linhas tinham características e necessidades bastante diferentes. Assim, provou-se que, quando aplicadas adequadamente, essas ferramentas têm extrema utilidade, levando a resultados positivamente surpreendentes.

Martins *et al.* (2019), desenvolveu um novo conceito de equipamento para a fabricação de cabos de comando para automóveis, partindo do conceito já existente. Nesse sentido, foi desenvolvido um equipamento flexível, com diversas mudanças e melhorias implementadas, incluindo novas operações e o aumento do nível de automação do sistema. Este conceito desenvolvido permitiu a redução da mão de obra especializada, aumentando a qualidade do trabalho do produto e do operador, reduzindo os tempos de ciclo (25%) e aumentando a produtividade.

3.2.2 Sistemas de Conforto

O banco de um automóvel é parte integrante de qualquer veículo, sendo este denominado como um elemento chave na segurança e conforto do utilizador. Assim, o principal papel do banco é garantir o conforto na condução, tanto do condutor como dos ocupantes, atenuando as vibrações provocadas pelo estado da estrada, ou por fatores dinâmicos inerentes ao movimento do veículo (Araújo *et al.*, 2017).

O banco é constituído por vários elementos, nomeadamente, capas, espumas, encosto de cabeça, estrutura de suspensão, estrutura de plástico e estrutura de interface entre o veículo e os mecanismos. A Figura 20 representa os dois tipos de sistemas produzidos na Fico Cables, *Suspension Mat* e coxins, e a sua respetiva localização no interior do banco.



Figura 20 - Sistemas de conforto aplicados na estrutura do banco automóvel (Fonte: (Araújo et al.,2017))

Coxim

Como referido anteriormente, o coxim é um sistema incorporado na zona inferior do banco, de modo a proporcionar conforto e estabilidade. Este consiste na unificação de vários arames conformados (2) com plástico (1), formando assim a estrutura representada na Figura 21.

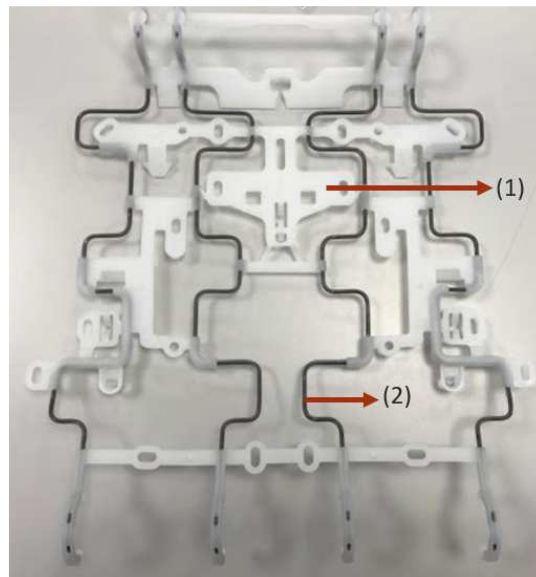


Figura 21 - Exemplo de um coxim

Suspension Mat

Os *Suspension Mat* são compostos por vários componentes, maioritariamente arames que variam na sua geometria e tamanho, Figura 24. Esta peça tem como função a absorção da vibração da estrutura do veículo, proporcionando conforto ao passageiro (Araújo, 2017)

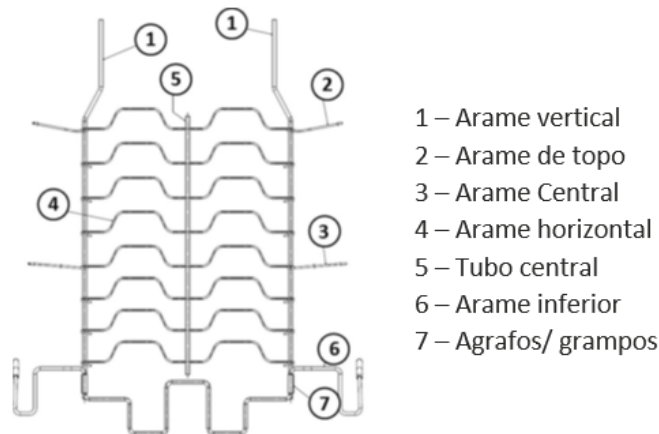


Figura 24 – Exemplo de uma estrutura do *Suspension Mat* (Fonte: Araújo et al., 2017)

O *Suspension Mat* tem como função suportar o encosto lombar, bem como proporcionar conforto ao ocupante. Este está integrado no interior do encosto do assento. Os componentes que integram este produto estão descritos no diagrama da Figura 25.

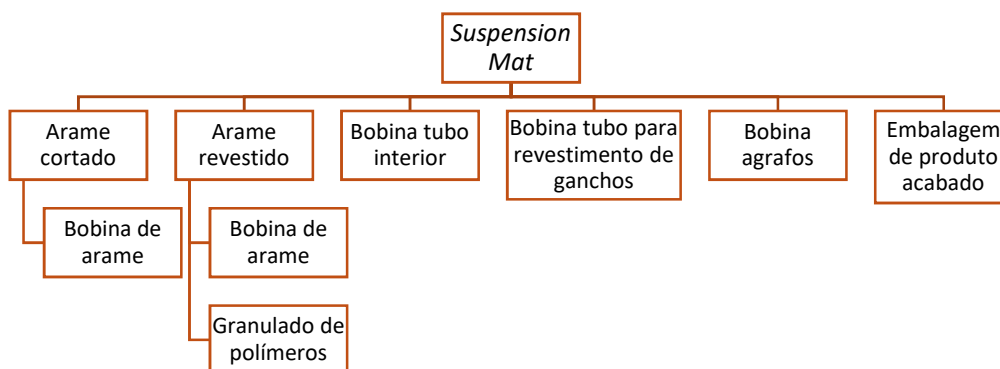


Figura 25 - Árvore de um *Suspension Mat*

O processo de fabrico deste produto é mais simples, porque é produzido em linhas automáticas, grande parte dos componentes são de compra, e os que são fabricados internamente estão apenas associados a dois processos, corte de arame e revestimento de arame. Todos os componentes são inseridos na linha de montagem, uns de forma automática (bobinas) e outros manualmente (arames). Os arames passam por um processo automático de dobragem, e inserção do tubo interior, a união entre os arames estes é feita através de dobragens entre eles e por agrafos. A linha produz automaticamente toda a peça que depois é retirada manualmente para embalar. A Figura 26, descreve a simplicidade deste processo.

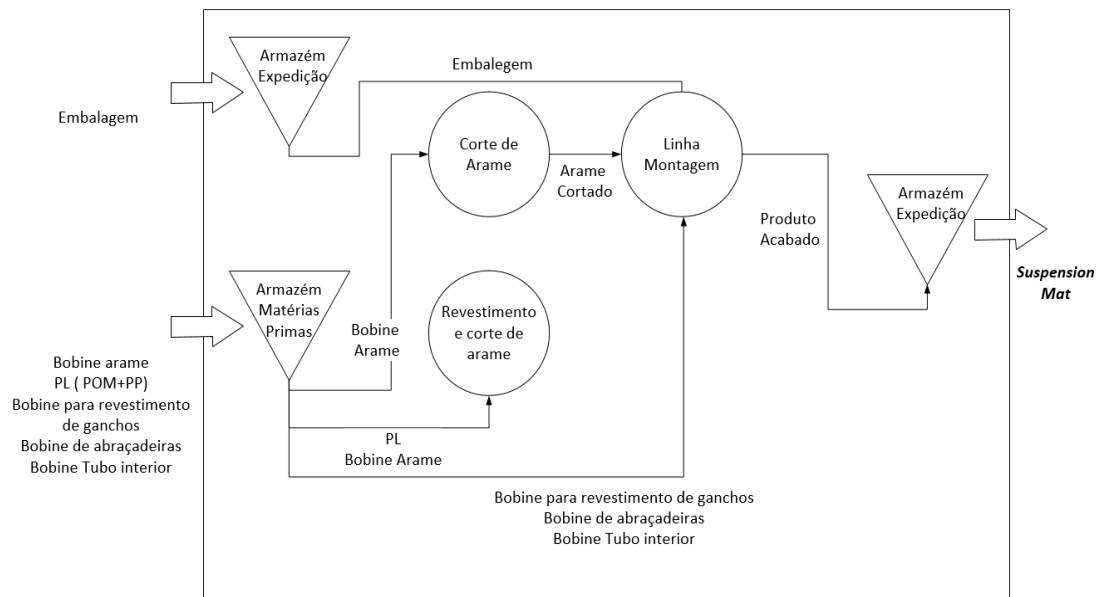


Figura 26 - Diagrama do processo de fabrico de um *Suspension Mat*

De modo a tornar todos estes equipamentos de fabrico de *Suspension Mat* mais autónomos, foram elaborados vários projetos.

Araújo *et al.* (2017), projetou uma linha de produção de *Suspension Mat* para assentos dos veículos. Atualmente, a linha permite várias operações automáticas, mas necessita de dois operadores para realizar duas operações específicas que não foram consideradas no projeto inicial da linha. Portanto, foram avaliados novos conceitos de alimentação e manipulação dos arames, os quais permitiram um melhor fluxo de material. A linha foi projetada e construída com sucesso, permitindo obter um sistema totalmente automatizado, o que leva a uma melhor produtividade e confiabilidade no processo de fabricação. Como resultado, alcançou-se um ganho de eficiência de 40%, enquanto a eliminação de alguns trabalhos de rotina resultou na otimização da gestão da mão de obra especializada.

Silva *et al.* (2020), procurou encontrar soluções de baixo custo que automatizem o processo de inspeção e embalagem para as linhas automáticas de fabrico de *Suspension Mat*. Através de uma análise cuidadosa das possíveis soluções, optou-se por integrar sistemas automáticos para o controlo de inspeção da peça e um robô industrial para proceder ao embalagem do mesmo. Assim, o trabalho manual é eliminado, eliminando assim o custo da mão-de-obra especializada, aumentando a confiabilidade, a produtividade e a eficiência da inspeção e entrega do componente.

Após perceber quais os produtos fabricados e quais os processos de fabrico que estão associados a cada um destes, torna-se mais fácil perceber a estruturação dos *layouts* internos e externos de cada módulo de fabrico.

Cada módulo é responsável pela produção de distintos produtos, como já foi referido anteriormente. A Tabela 12 descreve a distribuição por módulos destes produtos. Para cada produto, estão associados vários processos que serão descritos pormenorizadamente no capítulo seguinte.

Tabela 12 - Descrição dos módulos de fabrico e respetivos produtos

Módulo	Descrição Módulo	Produtos
F1	Fabrico de Espiral; Revestimento de Cabo e de arame	Espiral armada e laminada de perfil simples ou duplo, Arame revestido, Cabo Revestido
F2	Fabrico de cabos de comando em grandes séries com sobre injeção de plástico	Cabos de porta
F3	Fabrico de cabos de comando em grandes séries sem sobre injeção de plástico	Cabos de capot, travão, porta e elevadores de janela
F4	Fabrico de Sistemas de Conforto	Lombares, Coxins e <i>SM</i>
F5	Fabrico de cabos de comando e sistemas de conforto em pequenas séries	Cabos de capot, travão porta e <i>SM</i>

3.3 Layout da Empresa – Fase de análise

Como referido anteriormente, no seguimento da metodologia SLP, o presente capítulo, trata da fase de análise. Serão descritos o *layout* geral inicial da empresa, bem como os *layouts* de cada módulo de fabrico, de modo a perceber quais as motivações, os objetivos e posteriormente os critérios de decisão que foram considerados para o *layout* da nova unidade fabril, assim como a reestruturação dos existentes.

Com o crescimento produtivo da empresa nos últimos anos, foi necessária a ampliação dos espaços destinados ao fabrico do produto, na medida em que a área disponível não conseguia suportar o aumento necessário em termos de número de equipamentos, bem como do espaço disponível para armazenamento de material. Com isto, existiam inicialmente dois espaços distintos para fabrico. O setor 1, setor principal, contém três áreas de produção e três armazéns. O segundo setor, setor 2, encontra-se num armazém, situado a cerca de 1 km de distância do setor 1, como se pode ver na Figura 27. Este contém duas áreas de produção e um armazém.

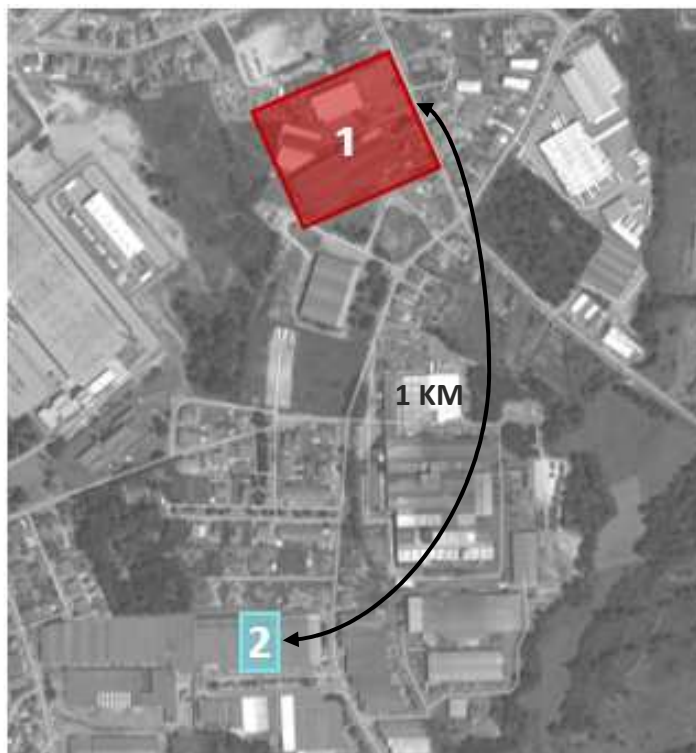


Figura 27 - Layout geral da Fico Cables

O setor 1 está subdividido em áreas de produção e áreas de armazém. Nas áreas produtivas existem três módulos distintos, denominados de F2, F3 e F4 como se verifica na Figura 28. Relativamente às áreas de armazém, estas também estão subdivididas.

O setor 2 está dividido em dois módulos distintos, o módulo F1 e F5, que contêm uma área de armazém como mostra a Figura 29.

Para além destes dois setores, a Fico Cables conta com mais três áreas de armazém alugadas, que são utilizadas para armazenamento de linhas e equipamentos obsoletos, materiais de manutenção, entre outros. Estas áreas encontram-se a cerca de 3 km do setor 1.

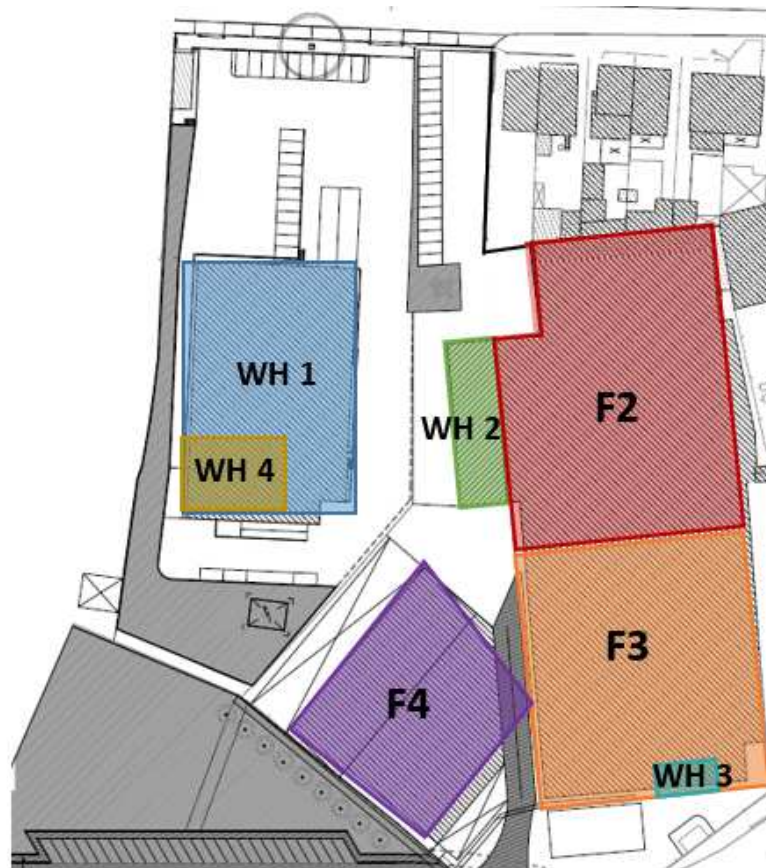


Figura 28 - Layout setor 1

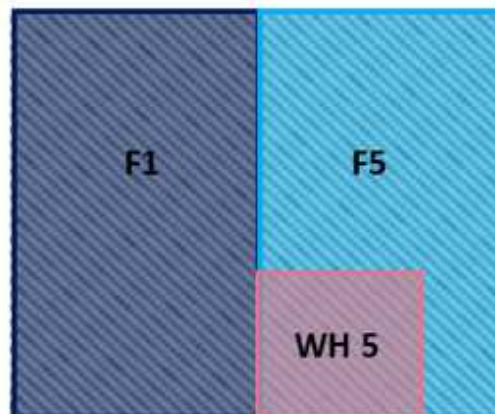


Figura 29 - Layout do setor 2

Esta divisão em diferentes módulos surgiu da necessidade de separar os produtos consoante as suas especificações. Assim sendo, cada módulo produz o seu tipo de produto, com os respetivos processos de fabrico associados. O mesmo acontece com as áreas de armazenamento. Cada área está destinada a um produto específico, como se pode verificar na Tabela 13.

Tabela 13 - Descrição das áreas de fabrico da Fico Cables

Módulo / Armazém	Descrição	Área (m ²)
F1	Fabrico de espiral	2500
F2	Fabrico de grandes séries de cabos de comando com sobre injeção de plástico	2415
F3	Fabrico de grandes séries de cabos de comando	2406
F4	Fabrico de sistemas de conforto	1916
F5	Fabrico de pequenas séries de cabos de comando e sistemas de conforto	1700
WH1	Armazém de expedição	1200
WH2	Armazém de componentes (Ex: terminais de espiral, guarda-pó, <i>gromets</i> , etc..)	400
WH3	Armazém de espiral	60
WH4	Armazém de embalagem	685
WH5	Armazém de matéria prima (Ex: Bobinas arame, bobinas cabo, PL, etc..)	800

Atualmente, todos estes módulos e zonas de armazenagem estão interligados, nenhum é autónomo. O fluxo que existe entre eles está descrito na figura 30 e na tabela 14, sendo que este será detalhado à posteriori, na descrição de cada módulo.

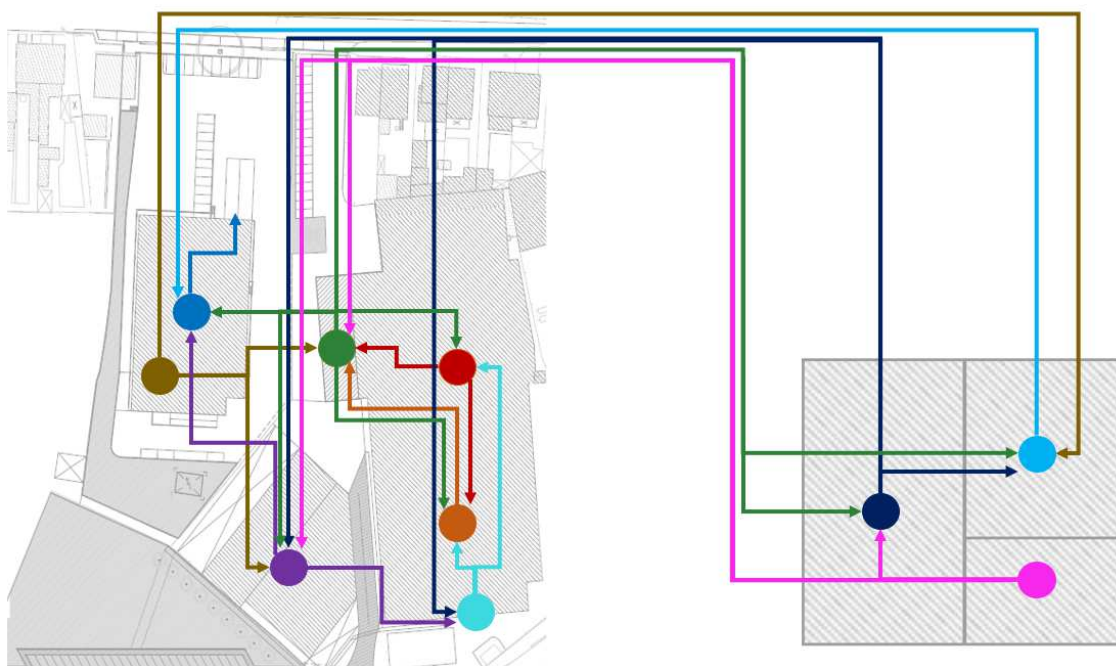












Figura 30 - Diagrama de fluxo entre os módulos de produção e armazéns

Tabela 14- Legenda dos diagramas de fluxo entre módulos e armazéns

Legenda	Módulo / Armazém	Fornecedor	Cliente
	WH1	WH2 F4 F5	Externo
	WH4	Externo	WH2 F4 F5
	WH2	Externo F2 F3	WH1 F1 F2 F3 F4 F5
	F2	WH2 WH3	WH2 F3
	F3	WH2 WH3	WH2
	WH3	F1 F4	F2 F3
	F4	WH2 WH4 F1	WH1 WH3
	F1	WH5 WH2	WH3 F4 F5
	WH5	Externo	F1 F4 WH2
	F5	F1 WH2	WH1

Após perceber os módulos de fabrico que constituem a empresa, é necessário descrevê-los pormenorizadamente, analisando as seguintes características:

- Processos de fabrico que constituem cada módulo;
- Equipamentos que integram os módulos;
- Fluxos internos de materiais;
- Fluxos externos de materiais.

Na sequência desta análise, será apresentado um resumo geral das características iniciais de todos os módulos, de modo a estudar quais são as movimentações que existem e os seus respetivos custos, para posteriormente se poder comparar com a proposta de reestruturação.

3.3.1 Módulo F1

O módulo F1 é o principal responsável pelo fabrico de componentes que serão distribuídos para os restantes módulos. Contém vários processos, essencialmente relacionados com o fabrico de espiral, mas também processos que consistem na preparação de arame para o fabrico de sistemas de conforto. Este módulo tem atualmente uma área produtiva de aproximadamente 2000 m² e produz cerca de 300 referências de subproduto, sendo que mais de 60% da produção se destina ao fabrico de espiral.

Como existe uma variedade muito grande de produtos com volumes distintos, torna-se complexa a distribuição dos equipamentos num *layout* adequado. O *layout* deste módulo agrega vários tipos de equipamentos, de acordo com os vários tipos de produtos que este fabrica.

A Figura 31 descreve como estão subdivididas as áreas de fabrico do módulo, e quais os equipamentos que as constituem, sendo estes descritos na Tabela 15.

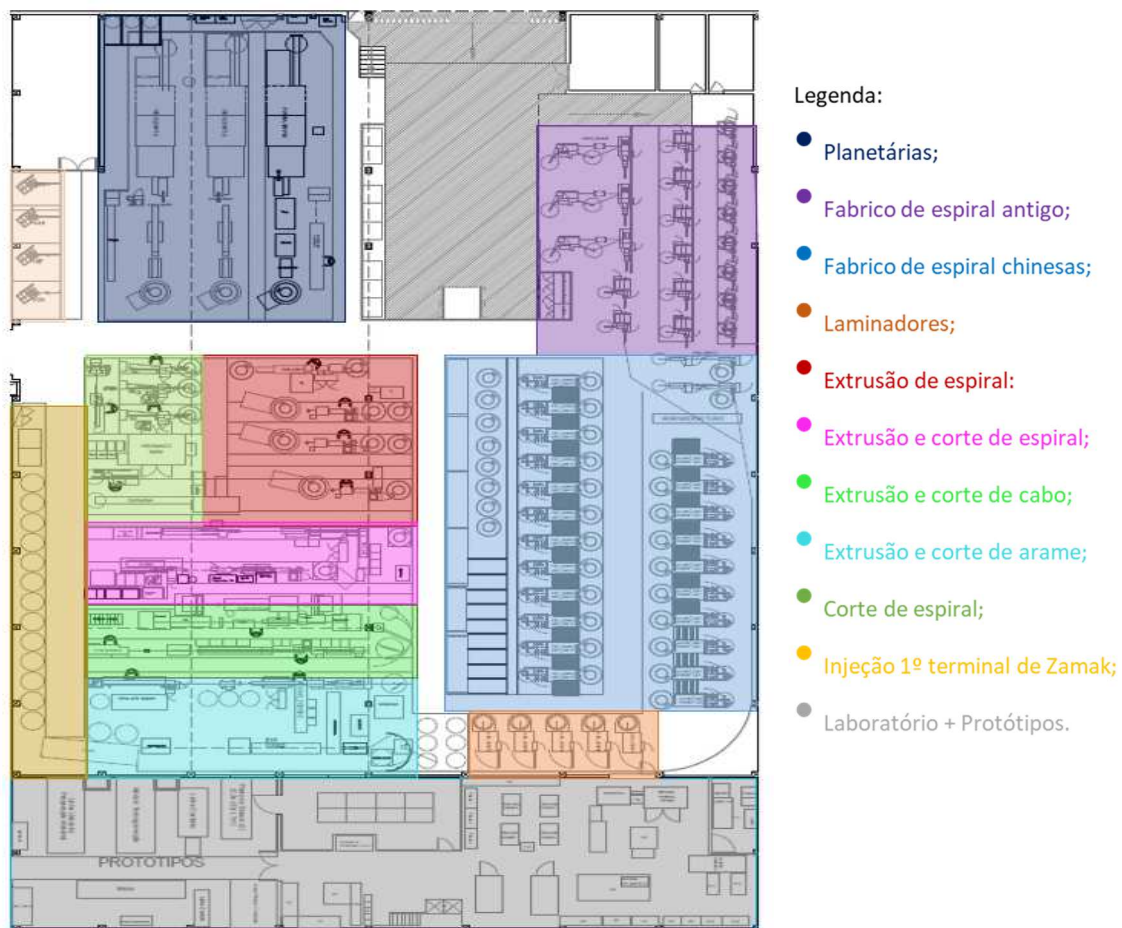


Figura 31 – *Layout* do módulo F1, com as suas diferentes áreas de produção

Tabela 15 - Descrição dos equipamentos do módulo F1

Equipamento	Nº Equipamentos	Função
Planetárias	4	Fabrico de espiral armado
Fabrico de espiral antigo	19	Fabrico de espiral laminado
Laminadores	5	Preparação/laminação do arame
Fabrico de espiral (chinesas)	22	Fabrico de espiral laminado
Extrusão de espiral	4	Revestimento de espiral
Extrusão e corte de cabo	2	Revestimento e corte de cabo
Extrusão e corte de espiral	2	Revestimento e corte de espiral
Corte de espiral	5	Corte de espiral
Extrusão e corte de arame	3	Revestimento e corte de arame
Injeção do 1º terminal de <i>Zamak</i>	4	Injeção de liga de <i>zamak</i> no terminal de cabo

Para além destes equipamentos, este módulo contém uma área destinada a um laboratório onde se realizam vários tipos de ensaios aos produtos fabricados, de modo a garantir que todas as especificações exigidas pelo cliente são cumpridas. Juntamente com o laboratório, existe uma área dedicada aos protótipos, área esta onde são realizadas as primeiras peças de novos projetos durante a fase de desenvolvimento dos mesmos, até estas estarem aceites pelo cliente e poderem começar a ser produzidas em série.

Este módulo, sendo o principal fornecedor dos restantes, ao estar situado a cerca de 1 km de distância do setor principal, obriga a um elevado número de movimentações de material. Assim sendo, este módulo exige uma estratégia adequada para não comprometer o fluxo para os restantes módulos. Se este falhar, implica a paragem dos módulos dependentes (F2, F3, F4 e F5). O fluxo de material do módulo F1 está representado na Figura 32, descrevendo quem o abastece e quem são os seus clientes internos.

Deste modo, percebe-se que o F1 recebe material tanto do armazém de componentes, como do armazém de matérias primas. Após receber estes materiais, transforma-os e prepara-os para distribuir para os restantes módulos. A distribuição para o módulo F2 e F3 é feita através do armazém de espiral.

A Tabela 16 descreve quais os materiais, a quantidade a movimentar por dia, bem como a distância a percorrer e qual o meio de transporte utilizado no transporte entre este módulo e os restantes. As distâncias entre os módulos foram medidas com suporte ao *software* CAD que projetava a planta global das instalações.

Para número de paletes, é de salientar que estes valores foram calculados segundo o orçamento de vendas para os próximos 3 anos.

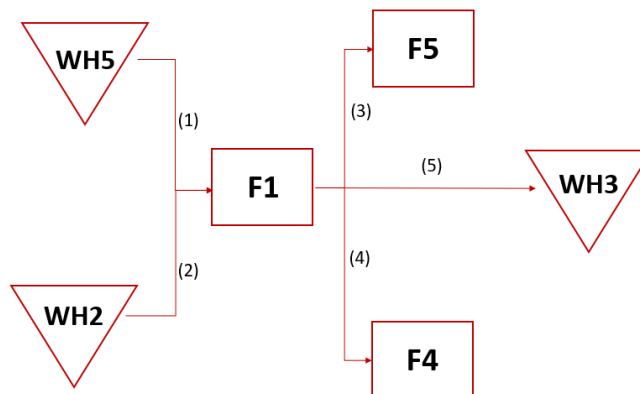


Figura 32 - Diagrama de fluxo de materiais do módulo F1

Tabela 16 - Fluxo de materiais do módulo F1

Fluxo	Tipo de fluxo	Material	Distância (m)	Tipo Transporte	Nº Paletes/ Dia
(1)	Entrada	Bobina Arame Bobina Cabo Tubo interior Liga <i>Zamak</i> Granulado de polímeros	5	<i>Stacker</i>	12,5
(2)	Entrada	Empalme	1250	Camião	0,50
(3)	Saída	Espiral Cortado Cabo injetado Arame revestido cortado	10	Porta Paletes	2,50
(4)	Saída	Arame Revestido cortado	1250	Camião	7,50
(5)	Saída	Espiral revestida Espiral revestida cortada Cabo revestido Tubo interior cortado Arame revestido cortado	1300	Camião	30,0

Para além destas movimentações entre os diferentes módulos, é necessário perceber as movimentações internas que existem nesta área de produção, e quais os processos que dependem uns dos outros no interior do módulo. O fluxo de material está exemplificado no diagrama de fluxos da Figura 33, e a sua legenda está descrita na Tabela 17, bem como os seus fornecedores e clientes internos.

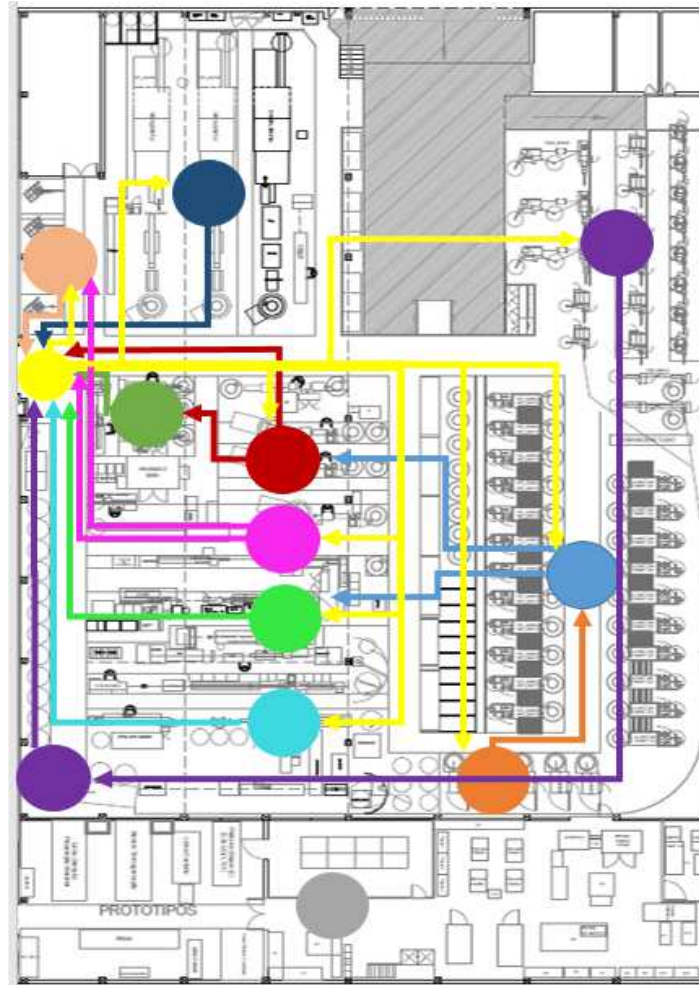


Figura 33 - Diagrama de fluxos internos no módulo F1

Tabela 17 - Legenda do diagrama de fluxos internos no módulo F1

Legenda	Área de produção	Fornecedor	Cliente
	Planetárias – fabrico de espiral	WH5	WH3
	Fabrico de espiral antigo	WH5	WH3
	Laminadores	WH5	Chinesas
	Fabrico de espiral (chinesas)	Laminadores	Extrusão
	Extrusão de espiral	Chinesas	Corte espiral WH3
	Extrusão e corte de cabo	WH5	Injeção <i>Zamak</i> WH3
	Extrusão e corte de espiral	Chinesas	WH3
	Corte de espiral	Chinesas	WH3
	Extrusão e corte de arame	WH5	F4 WH3
	WH5	-	-

3.3.2 Módulo F2

O módulo F2 é responsável pelo fabrico de grandes séries de cabos de comando, bem como o módulo F3. O módulo F2, diferencia-se por conter o processo de sobre injeção de plástico, o que torna todo o processo mais complexo, daí a necessidade de separar os dois módulos. A área produtiva do módulo são cerca de 2000 m² e este produz cerca de 200 referências de produto final e cerca de 800 referências de produtos intermédios, ou seja, por cada processo é criada uma nova referência, até chegar ao produto acabado.

O módulo F2 contém 22 linhas de montagem, estando estas centralizadas neste módulo, pois dependem do processo de sobre injeção de terminais de espiral. Este último processo, conta com 18 máquinas e cerca de 32 moldes de injeção. Como referido anteriormente, o processo de fabrico dos cabos de comando é bastante complexo, passando assim por vários processos de fabrico:

- **Corte:** Corte de espiral, corte de tubo interior e corte de tubo exterior (Figura 34);
- **Injeção de *Zamak*:** corte de cabo e injeção do 1º terminal de *Zamak* (manual e automático) (Figura 35);
- **Montagem de Subconjuntos:** aplicação de componentes na espiral que não conseguem ser aplicados depois da sobre injeção dos terminais. Este processo pode ser realizado antes ou durante o processo de sobre injeção.
- **Sobre injeção de plástico** (Figura 36);
- **Linhas de montagem:** montagem, validação e embalagem do produto final (Figura 37);
- **Linha de *Suspension Mat*:** linha automática de fabrico de sistemas de conforto.



Figura 34 - Exemplo de máquina de corte de espiral



Figura 35 - Exemplo de máquina de injeção de *zamak* automático



Figura 36 - Exemplo máquina de injeção para produção de cabos de comando



Figura 37 - Exemplo de linha de montagem para fabrico de cabos de porta

No *layout* interno do módulo F2, Figura 38, optou-se por reunir todos os processos que abastecem a linha de montagem, direta ou indiretamente, à exceção dos processos que estão integrados no módulo F1. Na Tabela 18 estão descritos todos equipamentos do módulo F2. O módulo F2 inclui também uma zona de serralharia de moldes de injeção, destinada apenas a pequenas reparações e armazenamento desses mesmos moldes, bem como uma área onde é armazenado e abastecido o granulado de polímero que abastece as máquinas de injeção. Para além disso, por uma questão de falta de espaço, este agrega uma linha de *Suspension Mat*, juntamente com o equipamento de corte de arame que abastece a mesma.

A área onde se encontram algumas linhas de montagem e a linha de fabrico de *Suspension Mat*, era o local onde se encontrava anteriormente o armazém de componentes, mas devido à falta de espaço associada ao aumento de projetos, foi necessário recolocar este armazém num espaço exterior (tenda), junto a este edifício, de modo a não sacrificar os fluxos de material.

Relativamente à serralharia de moldes que se encontra neste módulo, esta apenas está preparada para pequenas reparações e limpeza dos moldes de injeção. As intervenções mais complexas obrigam ao transporte dos moldes, ou para fornecedores externos, ou para a serralharia que se encontra no módulo F4.



Figura 38 – *Layout* do módulo F2

Tabela 18 - Descrição dos equipamentos do módulo F2

Equipamento	Nº Equipamentos	Função
Corte de cabo e 1ª injeção de Zamak	5	Corte do cabo e injeção de terminal com liga de <i>Zamak</i> num só equipamento, realizando o processo em simultâneo.
Corte de cabo e 1ª injeção de Zamak	6	Corte do cabo e injeção de terminal com liga de <i>Zamak</i> em equipamentos distintos (3 máquinas de corte de cabo e 3 máquinas de injeção de terminal).
Corte de espiral e tubo exterior	8	Corte da espiral e do tubo exterior com as dimensões específicas para cada projeto (6 máquinas de corte de espiral e 2 máquinas de corte de tubo exterior).
Sobre injeção de plástico	18	Sobre injeção de terminais plásticos nas extremidades da espiral.
Montagem de Subconjuntos	8	Postos que suportam a montagem de componentes (<i>gromets</i> , tubo esponja, tubo exterior, etc.) que não podem ser montados na linha de montagem, porque têm que ser montados entre a 1ª e 2ª injeção dos terminais.
Linhas de montagem de cabos	22	Na linha são montados alguns componentes (<i>clips</i> , abraçadeiras, etc.), é feita a gravação de série e validação do cabo, assim como o embalamento do produto.
Linhas de montagem de <i>Suspension Mat</i>	2	Linha que funciona de modo automático, é abastecida com arame cortado e componentes, e produz o produto final (1 linha e 1 máquina de corte de arame).

Como este é o único módulo que contém o processo de sobre injeção de terminais de espiral e, como não tem capacidade para suportar todas as linhas de montagem que dependem deste, este é obrigado a fornecer materiais aos outros módulos, à semelhança do módulo F1. O fluxo externo de materiais está representado na Figura 39, e na Tabela 19 está detalhado como é realizado o transporte e qual a quantidade de materiais que é transportada deste módulo para as diferentes áreas.

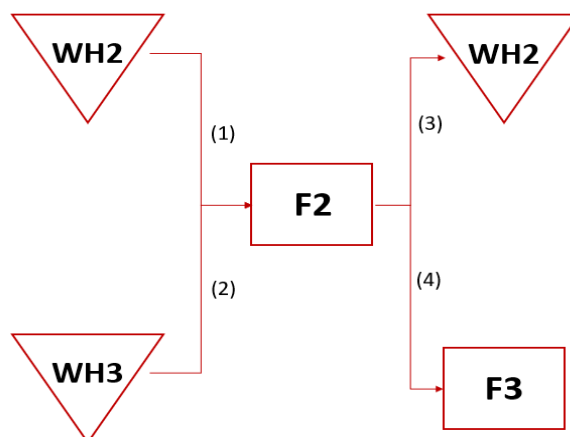


Figura 39 - Diagrama de fluxos do módulo F2

Tabela 19 – Fluxo de materiais do módulo F2

Fluxo	Tipo de fluxo	Material	Distância (m)	Tipo Transporte	Nº Paletes/Dia
(1)	Entrada	Componentes (tubo exterior, clips, guarda pó, massa, liga de Zamak) Embalagem de cartão Granulado de polímeros	10	Stacker	60,0
(2)	Entrada	Espiral revestida Espiral revestida cortada Cabo revestido cortado Embalagem de cliente (retornável)	70	Stacker	12,5
(3)	Saída	Produto Acabado Espiral sobreinjetada Cabo sobreinjetado	10	Comboio Logístico	45,0
(4)	Saída	Espiral sobreinjetada Cabo sobreinjetado	20	Porta paletes	3,00

Perante estes dados, conclui-se que este módulo tem um fluxo elevado de materiais, tanto de entrada como de saída. O módulo F2 necessita obrigatoriamente do módulo F1 para poder produzir, existindo linhas de montagem nos módulos F3 e F5 que dependem de materiais sobreinjetados fabricados no módulo F2.

A sobreinjeção de plástico é utilizada na sobreinjeção de terminais na espiral cortada. Este processo é o mais complexo no interior do módulo, na medida em que todas as linhas de montagem dependem dos componentes aqui produzidos.

Em cada cabo são sobreinjetados dois terminais em cada extremidade da espiral, sendo este processo feito de uma só vez ou separadamente, isto é, faz-se a primeira injeção do primeiro terminal, armazena-se ou faz-se a montagem de subconjuntos, e só depois se faz a injeção do segundo terminal de espiral. O fluxo de materiais interno está descrito no diagrama da Figura 40, e a respetiva legenda na Tabela 20.

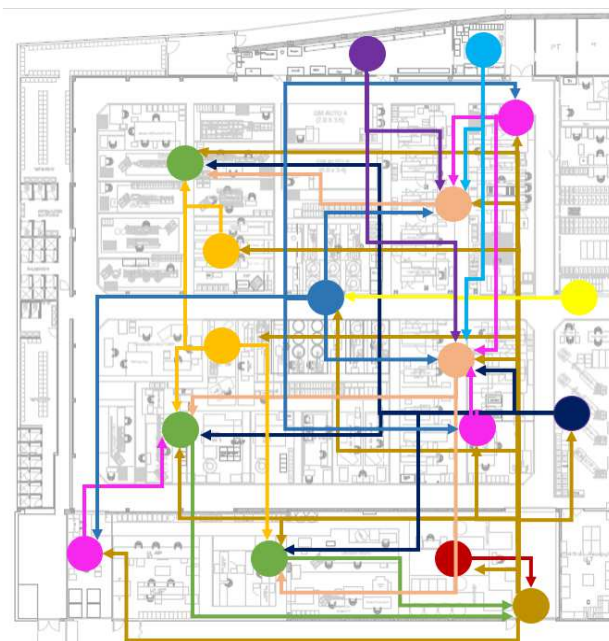


Figura 40 - Diagrama de fluxos internos do módulo F2

Tabela 20 - Legenda do diagrama de fluxo interno do módulo F2

Legenda	Área de produção	Fornecedor	Cliente
	WH2	WH4 WH5	Corte de cabo e 1ª injeção de <i>Zamak</i> (manual e automático) Montagem de subconjuntos Corte de espiral e tubo exterior Sobreinjeção de plástico Linhas de <i>Suspension Mat</i> Linhas de montagem
	Corte Cabo e 1ª injeção de <i>Zamak</i> (Automático)	WH2	Sobreinjeção de plástico Linhas de montagem
	Linha SM + corte arame	WH2	WH2
	Linhas de montagem	Corte de cabo e 1ª injeção de <i>Zamak</i> (manual e automático) Montagem de subconjuntos Corte de espiral e tubo exterior Sobreinjeção de plástico WH2	WH2
	Sobreinjeção de plástico	Corte de espiral Montagem de subconjuntos Corte Cabo e 1ª injeção de <i>Zamak</i> (Automático) WH2 Abastecimento de granulado de polímero	Linhas de montagem Montagem de subconjuntos WH2 F3
	Corte de espiral e tubo exterior	WH2 WH3	Linhas de montagem Montagem de subconjuntos WH2
	Corte de Cabo e 1ª injeção de <i>Zamak</i> (manual)	WH2	Linhas de montagem
	Montagem de subconjuntos	WH2 Corte de espiral e tubo exterior	Linhas de montagem Sobreinjeção de plástico
	WH3	F1	Corte de espiral

3.3.3 Módulo F3

O módulo F3 destina-se ao fabrico de cabos de porta, travão e *capot*, cabos estes produzidos em grandes séries. Estes não contêm terminais de espiral sobreinjetados, mas sim puncionados.

O módulo F3 tem uma área produtiva com cerca de 2000 m² e este produz cerca de 350 referências de produto final e cerca de 1100 referências de produtos intermédios. Contém 28 linhas de montagem, sendo que ao longo do ano 2019 teve que integrar três novas linhas de montagem para novos projetos, implicando assim a reestruturação do *layout* interno do módulo. Para além destas linhas, existem ainda 9 linhas de produção de cabos para elevadores de janela que agregam máquinas de corte de espiral no seu processo.

Apesar do produto ser semelhante ao fabricado no módulo F2, os processos de fabrico não incluem módulo de injeção, tornando assim o fluxo interno mais simples. Assim sendo, os processos de produção que integram o módulo F3 são:

- **Corte:** Corte de espiral, corte de tubo interior e corte de tubo exterior;
- **Injeção de *Zamak*:** corte de cabo e injeção do 1º terminal de *Zamak* (manual e automático);
- **Linhas de montagem:** montagem, validação e embalamento do produto final;
- **Linha de *Suspension Mat*:** linha automática de fabrico de sistemas de conforto.

Situado no mesmo espaço físico deste módulo, encontra-se o armazém de espiral, bem como uma área destinada à manutenção de equipamentos. Todos os processos de fabrico estão agrupados de acordo com o produto fabricado, como demonstra o *layout* da Figura 41, legendado na Tabela 21 .

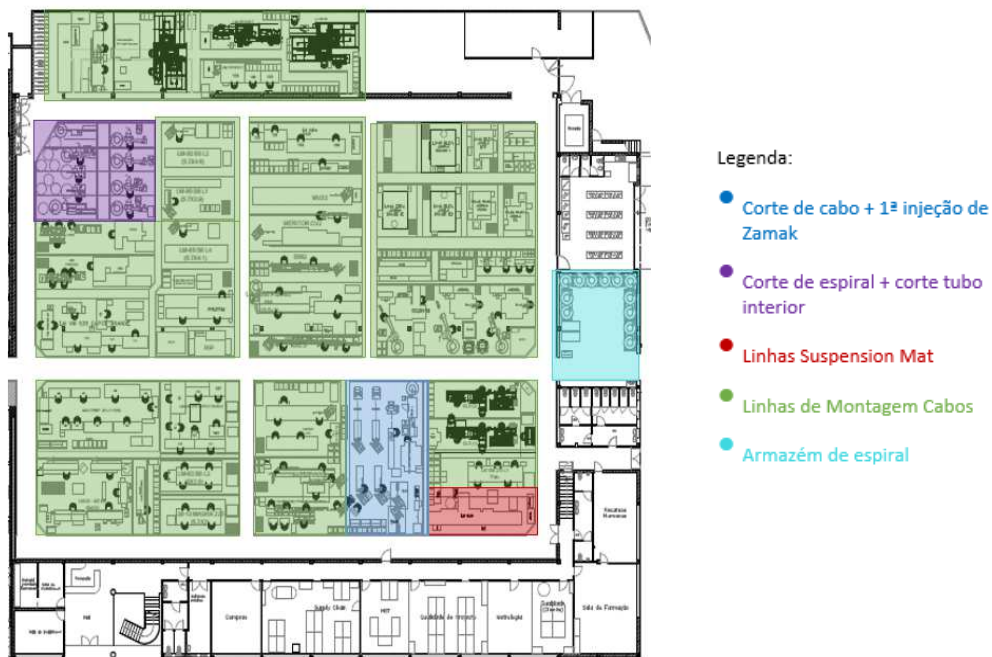


Figura 41 – *Layout* do módulo F3

Tabela 21 – Descrição dos equipamentos do módulo F3

Equipamento	Nº Equipamentos	Função
Corte de cabo e 1ª injeção de Zamak	8	Corte do cabo e injeção de terminal com liga <i>Zamak</i> num só equipamento, realizando o processo em simultâneo (4 máquinas) ou em equipamento distintos (2 máquinas de corte de cabo e 2 máquinas de injeção de terminal);
Corte de espiral e tubo interior	9	Corte da espiral e do tubo interior com as dimensões específicas para cada projeto (6 máquinas de corte de espiral e 3 máquinas de corte de tubo interior)
Linhas de montagem de cabos	37	Na linha são montados alguns componentes (<i>clips</i> , abraçadeiras, etc.), é feita a gravação de série e validação do cabo, assim como o embalamento do produto;
Linhas de montagem de <i>Suspension Mat</i>	1	Linha que funciona de modo automático, sendo abastecida com arame cortado e componentes, e que produz o produto final (1 linha e 1 máquina de corte de arame);

O módulo F3, como se encontra no mesmo edifício que o módulo F2, tem um fluxo externo semelhante a este último, sendo também abastecido pelo módulo F2 com materiais sobreinjetados, como demonstra a Figura 42 e a Tabela 22.

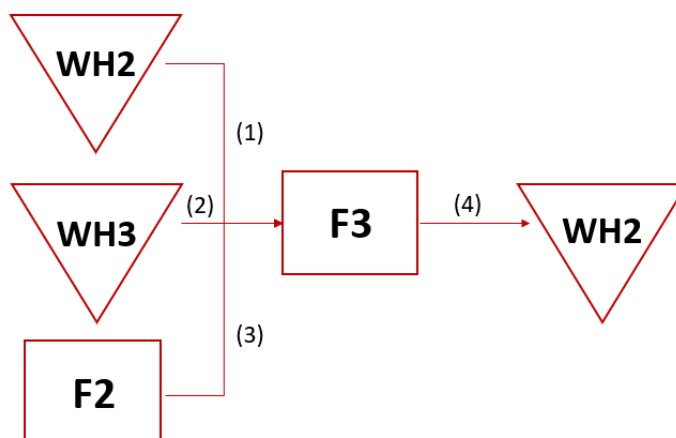


Figura 42 - Diagrama de fluxo do módulo F3

Tabela 22 - Fluxo de materiais módulo F3

Fluxo	Tipo de fluxo	Material	Distância (m)	Tipo Transporte	Nº Paletes/Dia
(1)	Entrada	Componentes (tubo exterior, <i>clips</i> , guarda pó, massa, liga de <i>Zamak</i>) Embalagem de cartão	90	<i>Stacker</i>	67,5
(2)	Entrada	Espiral revestida Espiral revestida cortada Cabo revestido cortado Arame revestido cortado Embalagem de cliente (retornável)	10	<i>Stacker</i>	21,0
(3)	Entrada	Espiral sobreinjetada Cabo sobreinjetado	20	Porta paletes	3,00
(4)	Saída	Produto Acabado	90	Comboio Logístico	50,0

O *layout* atual deste módulo não apresenta uma estrutura favorável, pois, apesar de existirem poucos fluxos internos, existe muito material a ser movimentado entre os processos e, perante esta disposição de equipamentos, existem algumas dificuldades na distribuição de material pelo módulo. Os fluxos existentes no interior do módulo F3 estão descritos na Figura 43 e na Tabela 23.

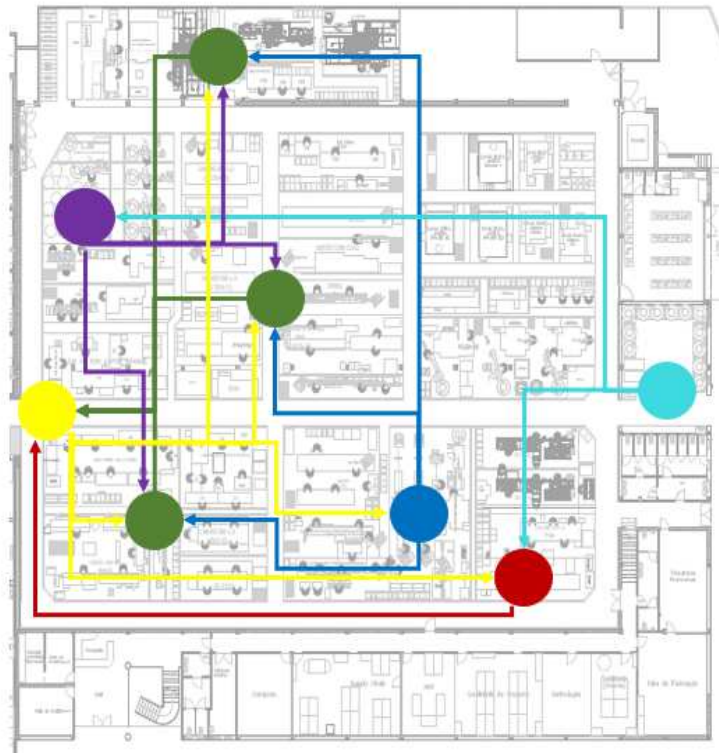







Figura 43 – Diagrama de fluxos internos no módulo F3

Tabela 23 - Fluxos internos no módulo F3

Legenda	Área de produção	Fornecedor	Cliente
	WH3	F1 F4	Corte de espiral Linha de montagem SM
	Linha de SM	WH3	WH2
	Corte de cabo e 1ª injeção Zamak (manual e automático)	WH2	Linhas de montagem
	Corte de espiral, tubo interior e exterior	WH2 WH3	Linhas de montagem
	WH2	WH4 WH5	Linhas de montagem Linha de montagem SM Corte de espiral, tubo interior e exterior Corte de Cabo e 1ª injeção de Zamak (Manual e Automático)

3.3.4 Módulo F4

Este módulo é o responsável pelo fabrico de sistemas de conforto. Mantém a mesma estrutura das restantes áreas de produção, agregando todos os processos necessários para o fabrico dos sistemas, à exceção do processo de extrusão de arame que se encontra no módulo F1, e de algumas linhas de *Suspension Mat* que se encontram distribuídas pelos módulos F2, F3 e F5, devido à falta de espaço existente.

O módulo F4 agrega atualmente 22 máquinas de injeção de plástico destinadas ao fabrico de Coxins e cinco linhas de *Suspension Mat*. Os processos de fabrico associados a este módulo de produção são:

- Corte de arame para o fabrico de coxins;
- Conformação de arame;
- Corte e conformação de arame;
- Tratamento térmico;
- Sobreinjeção de plástico (Figura 44)
- Corte de arame para fabrico de *Suspension Mat*;
- Linhas automáticas de fabrico de *Suspension Mat* (Figura 45);

Como referido anteriormente, no módulo F4, tal como no módulo F2, existe uma área destinada à serralharia de moldes, dedicada ao armazenamento e reparação de todos os moldes que pertencem às máquinas de injeção de coxins. Esta também recebe os moldes de fabrico de cabos do módulo F2, quando estes precisam de reparações mais específicas. A serralharia conta com vários equipamentos para limpeza dos moldes, fresas, tornos, entre outros. Como o seu espaço é reduzido e não consegue suportar todos os equipamentos necessários para as reparações de moldes, existem reparações que necessitam ser realizadas em fornecedores externos. Assim sendo, o *layout* deste módulo, bem como os processos que o constituem, está apresentado na Figura 46 e descritos na Tabela 24.



Figura 44 - Exemplo de máquinas de injeção para o fabrico de Coxins



Figura 45 - Exemplo de linha automática de *Suspension Mat*

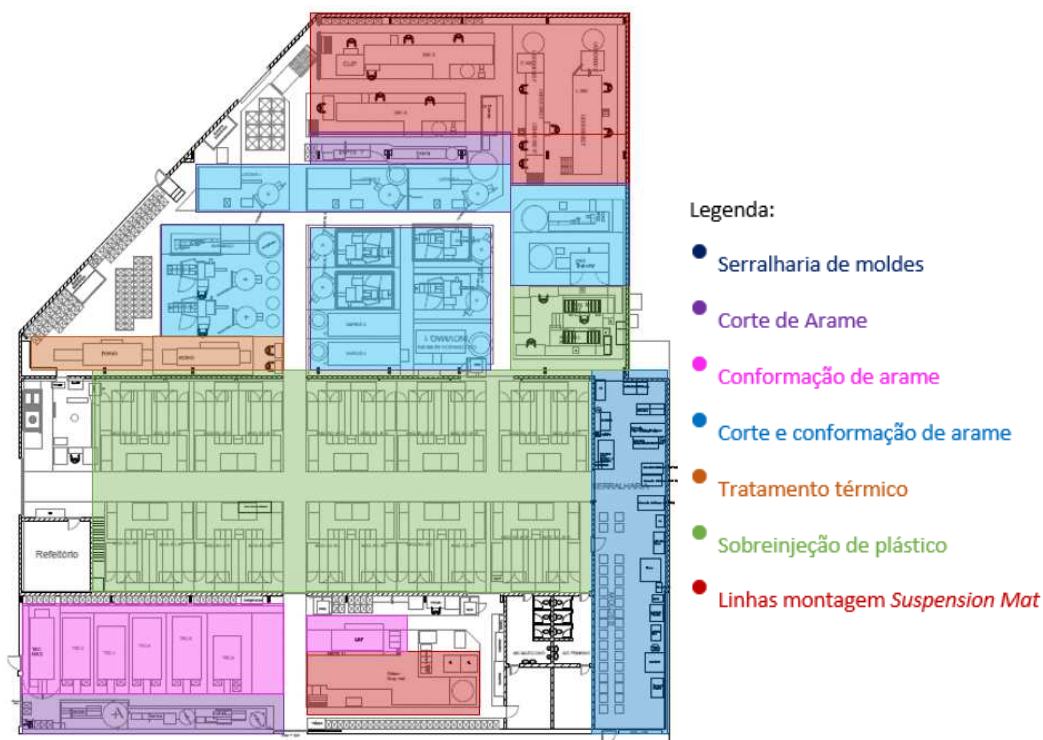


Figura 46 – Layout módulo F4 – Sistemas de Conforto

Tabela 24 - Descrição dos equipamentos do módulo F4

Equipamento	Nº Equipamentos	Função
Corte de arame para Coxins	3	Corte de arame com as dimensões específicas para cada projeto.
Corte de arame para <i>Suspension Mat</i>	3	Corte de arame com as dimensões específicas para cada projeto.
Conformação de arame	8	Equipamentos que recebem o arame cortado e o conformam de modo a ficar com o formato adequado consoante o projeto. Existe uma máquina dedicada a cada projeto.
Corte e conformação de arame	15	Equipamentos que recebem a bobina de arame e fazem o processo de corte e conformação de acordo com as especificações de cada projeto.
Tratamento Térmico	2	Os arames cortados e conformados são enviados para o forno, onde são sujeitos a altas temperaturas, de modo a libertarem tensões acumuladas durante o processo de corte e conformação, tornando-se assim mais resistentes.
Linhas de montagem de <i>Suspension Mat</i>	5	Linhas que funcionam de modo semiautomático, são abastecidas com arame cortado e componentes, e produzem o produto final.
Sobre injeção de plástico	22	Recebem os arames conformados e, nestes, sobreinjetam plástico, unindo-os entre si e formando a estrutura de um coxim.

Apesar de fabricar sistemas de conforto, o módulo F4 está dividido em dois produtos distintos, os Coxins e os *Suspension Mat*, o que implica processos de fabricos também diferentes, partilhando apenas a mesma matéria prima. A principal diferença entre estes dois produtos é que, o coxim necessita do processo de sobreinjeção para unir os arames que já vêm conformados dos processos anteriores, enquanto os arames dos *Suspension Mat* só são conformados na linha, unindo-se através de dobragens nas extremidades e agrafos. Ambos os produtos necessitam de pelo menos quatro arames na sua estrutura, embora os *Suspension Mat* exijam maior quantidade de arames e com diferentes especificações.

Perante o *layout* do módulo F4, é necessário avaliar quais são os fluxos de entrada e saída de material, de modo a compreender a ligação com os restantes módulos e áreas de armazenamento. A Figura 47 e a Tabela 25 representam estes fluxos de material.

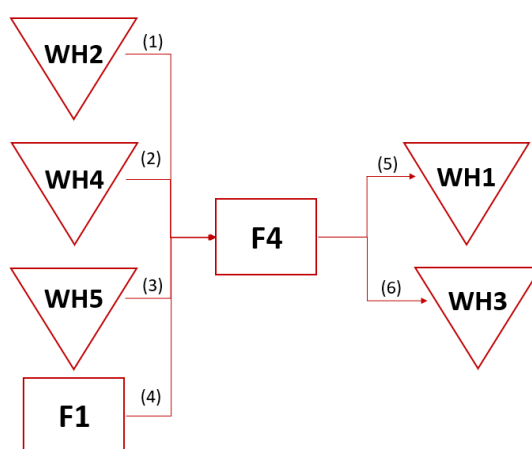


Figura 47 - Diagrama de fluxos do módulo F4

Tabela 25 - Fluxos de entrada e saída do módulo F4

Fluxo	Tipo de fluxo	Material	Distância (m)	Tipo Transporte	Nº Paletes/ Dia
(1)	Entrada	Arame conformado de compra Tubo interior para <i>Suspension Mat</i>	30	Empilhador	10,0
(2)	Entrada	Embalagem Cartão	70	Empilhador	30,0
(3)	Entrada	Bobina Arame Tubo interior Granulado de Polímeros	1230	Camião	11,0
(4)	Entrada	Arame revestido cortado	1250	Camião	7,50
(5)	Saída	Produto Acabado	70	Porta paletes + Empilhador	140
(6)	Saída	Arame cortado	1240	Empilhador	1,00

Como referido anteriormente, o processo de fabrico de um sistema de conforto é mais simples do que para o fabrico de cabos de comando. Na composição estrutural dos produtos fabricados no módulo F4, verifica-se que estes contêm menos componentes relativamente aos cabos, facilitando assim tanto os fluxos internos como externos. Os fluxos internos do módulo estão descritos na Figura 48 e na Tabela 26, indicando as várias etapas que os materiais sofrem no decorrer do processo.

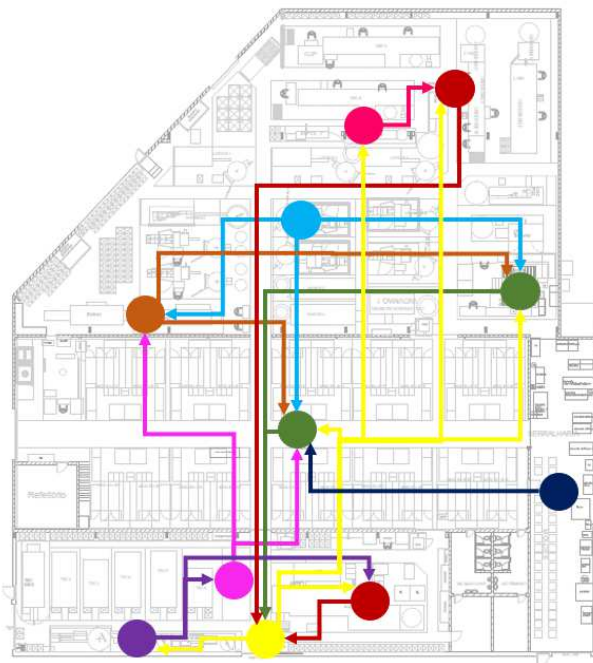


Figura 48 - Diagrama de fluxo módulo F4

Tabela 26 - Legenda diagrama de fluxo módulo F4

Legenda	Área de produção	Fornecedor	Cliente
	Entrada e saída de material	WH5 WH4 WH2 F1	WH1 WH3
	Linha de SM	WH4 WH2 F1	WH1
	Corte de arame para SM	WH5	Linhas SM WH3
	Corte de arame para Coxins	WH5	Conformação de arame
	Conformação de arame	Corte de arame Coxins	Tratamento térmico Sobreinjeção de plástico
	Corte e conformação de arame	WH5	Tratamento térmico Sobreinjeção de plástico
	Tratamento térmico	Conformação de arame Corte e conformação de arame	Sobreinjeção de plástico
	Sobreinjeção de plástico	Conformação de arame Corte e conformação de arame Tratamento térmico	WH1
	Serralharia de moldes	Externo	Sobreinjeção de plástico Sobreinjeção de plástico F2

3.3.5 Módulo F5

O módulo F5 destina-se ao fabrico de pequenas séries, ou seja, contém linhas com baixo volume de produção. Atualmente, fabrica dois tipos de produtos, os *Suspension Mat* e cabos de comando. O edifício onde se encontra esta área de produção é o mesmo setor que o módulo F1 e, por uma questão de espaço e de proximidade, optou-se por integrar o armazém de matérias primas neste mesmo módulo, como descreve o *layout* da Figura 49.

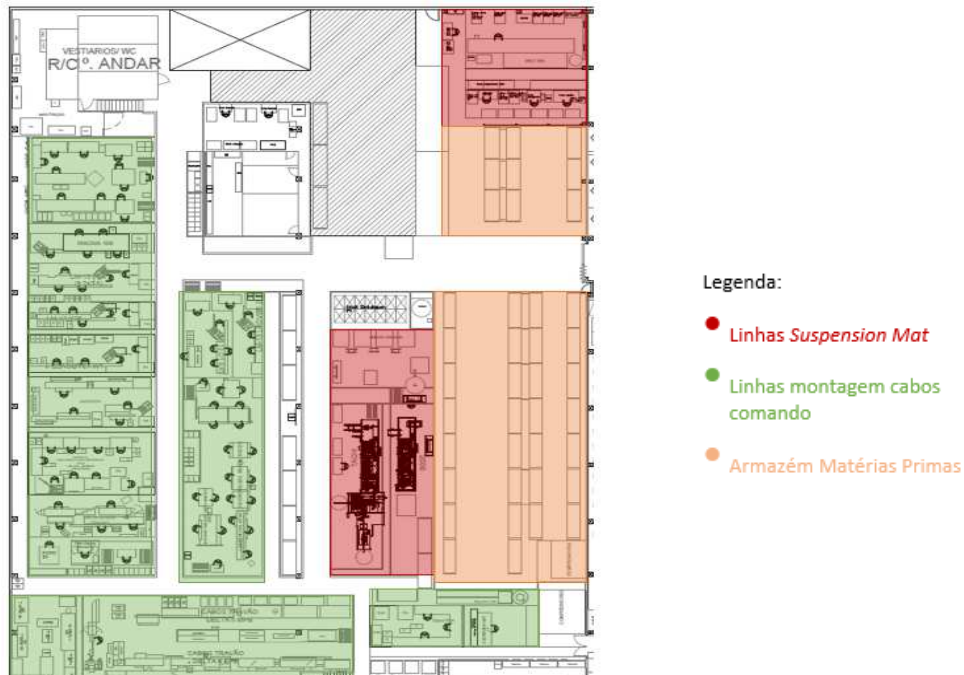


Figura 49 – Layout do módulo de pequenas séries F5

Este módulo contém apenas linhas de montagem, ou seja, não contém os processos integrados que são adjacentes à linha de montagem. Todos estes processos essenciais que fabricam os componentes que abastecem as linhas de montagem estão dispostos nos restantes módulos, o que torna o fluxo interno deste módulo bastante simples, ao contrário dos fluxos externos, pois obriga a elevadas movimentações de material. Os fluxos externos estão representados na Figura 50 bem como na Tabela 27.

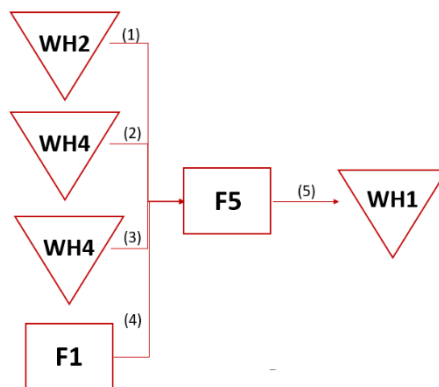


Figura 50 - Diagrama de fluxos externos do módulo F5

Tabela 27 – Legenda correspondente ao diagrama de fluxos do módulo F5

Fluxo	Tipo de fluxo	Material	Distância (m)	Tipo Transporte	Nº Paletes/Dia
(1)	Entrada	Arame adquirido já conformado Tubo interior para <i>Suspension Mat</i>	30	Empilhador	10,0
(2)	Entrada	Embalagem de Cartão	70	Empilhador	30,0
(3)	Entrada	Bobina de arame Tubo interior Granulado de polímeros	1230	Camião	11,0
(4)	Entrada	Arame revestido cortado	1250	Camião	7,50
(5)	Saída	Produto acabado	1200	Camião	10,0

Os fluxos internos do módulo são bastantes simples, possibilitando assim uma melhor gestão dos materiais, pois é possível armazená-los num supermercado de produção. Estes fluxos estão descritos na figura 51 e tabela 28.

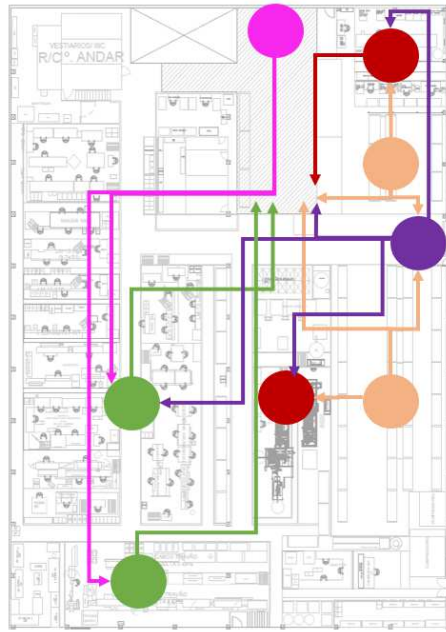


Figura 51 - Diagrama de fluxos internos do módulo F5

Tabela 28 - Legenda diagrama de fluxos internos do módulo F5

Legenda	Área de produção	Fornecedor	Cliente
	Entrada e saída de material	F1 F4	Corte de espiral Linhas de montagem SM
	Linha de SM	WH2	WH1
	WH5	Externo	F1 F4 F5 WH2
	Linhas de montagem	WH2 W4	WH1
	F1	WH5	Linhas de montagem SM Linhas de montagem

3.3.6 Armazéns

Como referido anteriormente, existem atualmente cinco armazéns distintos, distribuídos entre os dois setores:

- **Armazém de expedição;**
- **Armazém de embalagem;**
- **Armazém de componentes;**
- **Armazém de espiral;**
- **Armazém de matérias primas.**

O armazém de expedição,

Figura 52, como o próprio nome indica, é o responsável por armazenar, preparar e expedir o produto acabado para o cliente. Este é o posto final de todo o processo de fabrico, isto é, recebe de todos os módulos o produto acabado e prepara-o para carregar e enviar para os clientes, de acordo com os pedidos dos mesmos. Por motivos de falta de espaço, nomeadamente no armazém de componentes, este tem uma área destinada às embalagens de cartão que fornece a todos os módulos produtivos, à exceção do módulo F1, consoante as necessidades da fábrica.



Figura 52 - Armazém de Expedição

O armazém de espiral é a área responsável pelo armazenamento dos componentes internos fabricados no módulo F1 que fornecem os módulos F2 e F3.

O armazém de componentes, Figura 53, armazena todos os componentes de compra, sendo o responsável pelo abastecimento dos mesmo aos módulos F2 e F3, bem como armazena e distribui os componentes fabricados nestes módulos para as restantes áreas. Devido à sua falta de espaço, apenas recebe componentes de menor dimensão, nomeadamente, componentes de compra de fornecedores que vão ser utilizados na montagem dos produtos, como por exemplo, *gromets*, *clips*, tubo interior, entre outros. Nesta área, também existe um espaço delimitado para receber as reclamações de clientes, zona onde ficam a aguardar para serem selecionadas e inspecionadas pela equipa de qualidade. Este armazém funciona também como ponte de distribuição de uma parte dos materiais que chegam, ou que vão para os módulos que estão no setor 2.



Figura 53 - Armazém de componentes

O armazém de matérias primas, Figura 54, é o armazém que recebe o material que vai ser reconvertido nos processos de produção, isto é, as bobinas de arame, o granulado de polímero para as máquinas de revestimento e para as máquinas de sobreinjeção de plástico, entre outros. Este recebe a matéria prima que abastece os diversos módulos de produção, geralmente o módulo F1 e F4.



Figura 54 - Armazém de matérias primas

A distribuição em cinco armazéns, situados em áreas distintas, deve-se sobretudo à falta de espaço físico. O fluxo de materiais e as distâncias que existem entre estes e os módulos, poderia ser simplificado com outra disposição de *layout*. Atualmente, o fluxo de materiais entre eles é bastante complexo, como se pode verificar no diagrama da figura 30 e na tabela 14, no capítulo 3.1, onde se descreve o fluxo geral entre todas as áreas de armazém e os módulos de produção. Para os armazéns que são responsáveis por abastecer os módulos de produção, a gestão dos abastimentos é realizada consoante as necessidades de produção. Atualmente, no início de cada turno, cada módulo avalia quais os componentes que vão necessitar e realizam o processo de requisição de material.

3.4 Análise dos fluxos de material perante o layout atual

Perante este cenário de *layout* geral da empresa, e após caracterizar todos os módulos de fabrico e respetivas áreas de armazém, e perceber quais os produtos e processos que os integram, elaborou-se um estudo quantitativo analisando determinados tópicos, alguns já abordados anteriormente, que irão auxiliar na elaboração de análises comparativas com a proposta de *layout* futuro segundo o método SLP. Os tópicos considerados baseiam-se nos fluxos de material, de modo a analisar como os otimizar. Considerou-se então:

- Tipos de equipamentos utilizados para o transporte de material e respetivas capacidades de transporte;
- Quantidade de material a transportar por dia – este cálculo baseou-se no orçamento de vendas para os próximos três anos;
- Nº de viagens, realizadas por dia/Distâncias percorridas por dia – não existem viagens específicas para retorno de material e ou componentes (paletes, embalagens, matéria prima). Assim sendo, foi considerado que todos os transportes são efetuados com carga completa; os valores apresentados estão arredondados para cima;
- Nº de abastecedores logísticos necessários;
- Equipamentos de transporte necessários.

Para tal, foram elaboradas matrizes que compilam estes dados relativos a todos os módulos e áreas de armazenamento. Na Tabela 29 estão descritas as distâncias, em metros, a que se encontram os módulos de fabrico e as áreas de armazenamento de material. De notar que estas distâncias se referem a valores efetivos entre os módulos, ou seja, as distâncias que são efetivamente percorridas.

Tabela 29 - Matriz de distâncias a que se encontram os diferentes módulos (em metros)

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5
F1	X	X	X	1250	50	X	X	1350	X	X
F2	X	X	50	X	X	X	10	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	60	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	70	X	100	X	X
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1260	10	60	30	1200	90	X	X	X	X
WH3	X	60	10	X	X	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	70	1200	X	90	X	X	X
WH5	10	X	X	1230	10	X	1240	X	X	X

Em seguida, foram avaliadas as quantidades de material a transportar, ver Tabela 30. Estas estão quantificadas por número de paletes necessárias transportar por turno. Os dados para esta matriz foram calculados segundo o orçamento de vendas para os próximos três anos. Este orçamento contempla quais são as necessidades de produção de produto final e, consequentemente, dos materiais necessários para os processos agregados ao fabrico destes.

Tabela 30 - Matriz de quantidade de paletes, por turno, a serem movimentadas entre os módulos

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5
F1	X	X	X	3	1	X	X	12	X	X
F2	X	X	1	X	X	X	18	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	20	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	56	X	2	X	X
F5	X	X	X	X	X	4	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	0,2	16	15	4	2	36	X	X	X	X
WH3	X	5	7	X	X	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	12	1	X	20	X	X	X
WH5	5	X	X	11	0,2	X	8	X	X	X

Após avaliar as quantidades e as distâncias a que se encontram as diferentes áreas, é essencial perceber quais os equipamentos de transporte utilizados para movimentar o material e, conseqüentemente, qual a capacidade de transporte de cada um, como está descrito na Tabela 31. Para a descrição dos equipamentos de transporte, utilizou-se a seguinte simbologia:

- C – Camião;
- PP – Porta-paletes;
- E – Empilhador
- CL – Comboio logístico
- S – *Stacker*

Tabela 31 - Matriz de equipamento logísticos utilizado e respetiva capacidade de transporte (nº de paletes)

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5
F1	X	X	X	12 C	1 PP	X	X	12 C	X	X
F2	X	X	1 PP	X	X	X	1 S	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	1 S	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	1 E	X	1 E	X	X
F5	X	X	X	X	X	12 C	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	12 C	4 CL	4 CL	1 E	12 C	4 CL	X	X	X	X
WH3	X	S	S	X	X	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	1 E	12 C	X	1 E	X	X	X
WH5	1 S	X	X	12 C	1 S	X	12 C	X	X	X

Com a caracterização dos equipamentos de transporte e o cálculo das quantidades a transportar por turno, tornou-se possível calcular o número de viagens por dia entre os módulos de fabrico e as áreas de armazenamento, ver Tabela 32. Para o cálculo consideraram-se 2,5 turnos de produção. A capacidade do equipamento de transporte, refere-se ao número máximo de paletes que são possíveis transportar em cada viagem.

$$N^{\circ} \text{ total de viagens} = \frac{\text{Quantidade de paletes transportadas por turno} * N^{\circ} \text{ de turnos}}{\text{Capacidade do equipamento de transporte}} \text{ (viagens/dia)} \quad (3)$$

Tabela 32 - Matriz de número de viagens por dia

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5
F1	X	X	X	1	3	X	X	3	X	X
F2	X	X	3	X	X	X	45	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	50	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	140	X	5	X	X
F5	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1	10	10	10	1	23	X	X	X	X
WH3	X	13	18	X	X	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	30	1	X	50	X	X	X
WH5	13	X	X	3	1	X	2	X	X	X

Calculado o número de viagens que são realizadas por dia para transporte de material, determinaram-se quais as distâncias totais efetuadas durante 2,5 turnos de produção.

$$\text{Distância total percorrida} = N^{\circ} \text{ total de viagens por dia} \times \text{Distâncias entre módulos (m)} \quad (4)$$

Estes resultados estão apresentados na matriz da Tabela 33.

Tabela 33 - Matriz das distâncias (m) totais percorridos por dia

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5
F1	X	X	X	1250	150	X	X	4050	X	X
F2	X	X	3	X	X	X	450	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	3000	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	9800	X	500	X	X
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1260	100	600	300	1200	2070	X	X	X	X
WH3	X	780	180	X	X	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	2100	1200	X	4500	X	X	X
WH5	130	X	X	3690	10	X	2480	X	X	X

Para finalizar a fase de análise segundo a metodologia SLP, realizou-se o diagrama de relações dos módulos e das áreas de armazém, de modo a perceber a dependência entre eles e quais os motivos porque deverão estar próximos uns dos outros.

Este diagrama permitiu-nos assim perceber qual o princípio para a elaboração das várias alternativas de *layout*, que serão demonstradas nos capítulos seguintes. Assim, a elaboração das alternativas teve como base a proximidade das áreas que foram classificadas como A e E, áreas este que tem a necessidade de ficar localizadas próximas umas das outras. Neste caso, como não se aplicou nenhum critério X este não teve que ser tomado em consideração. Para facilitar a gestão visual das dependências e necessidades de proximidade entre as diferentes áreas, traduziu-se o diagrama de relações apresentado anteriormente, resultando o diagrama da figura 56. As ligações correspondentes ao critério A estão descritas a vermelho, do critério E a laranja e do critério O a azul.

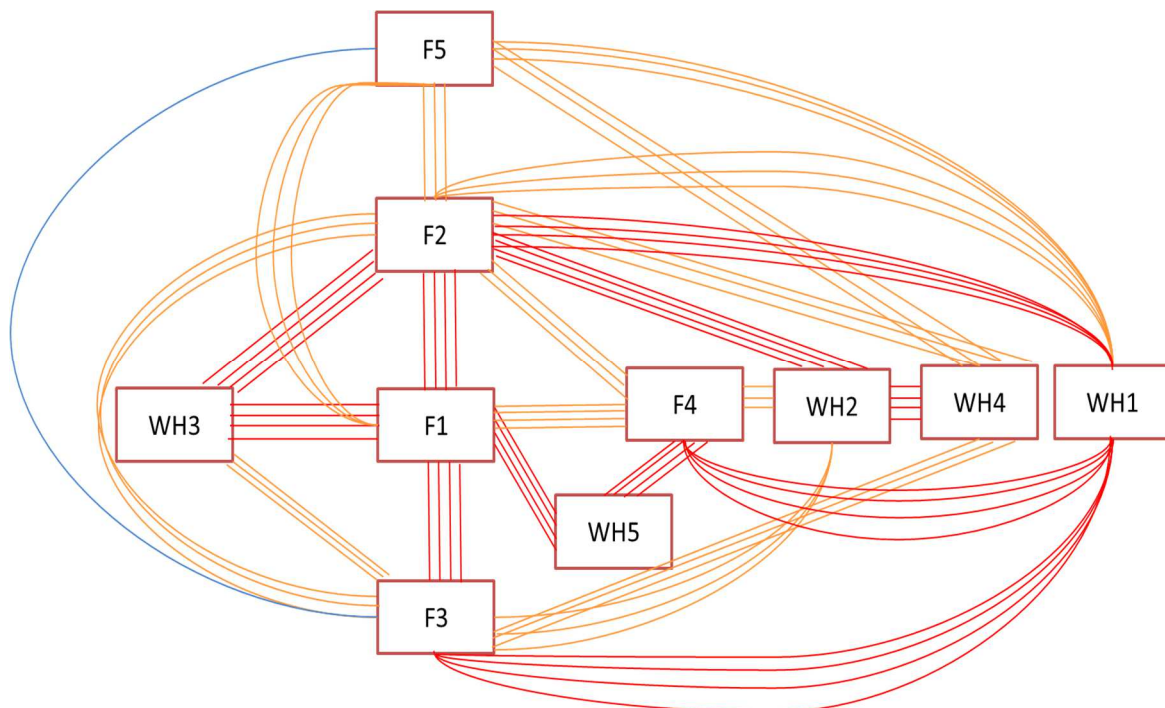


Figura 56 - Diagrama de dependências das diferentes áreas

REQUISITOS DO TRABALHO E PROPOSTA DE *LAYOUT* FUTURO

4.1 NOVO EDIFÍCIO

4.2 PROPOSTAS DE LAYOUT – FASE DE PESQUISA

4.3 SELEÇÃO DO LAYOUT

4 Requisitos do trabalho e proposta de *layout* futuro

Segundo o método SLP, após a fase de análise, segue-se a fase de pesquisa e, posteriormente, de seleção. Na fase de pesquisa, vão estar descritas as restrições e os critérios considerados para delinear as propostas de *layout* e, em seguida, será estudada qual a melhor opção segundo a metodologia AHP.

4.1 Novo edifício

O projeto desenvolvido tem como foco a implantação de uma nova nave fabril, figura 57.

A integração desta nova área tem como principal objetivo a reestruturação e organização do método de funcionamento atual dos processos. A necessidade de investimento neste novo espaço surgiu face ao crescimento substancial do volume de negócio ao longo dos últimos anos, como referido no capítulo 3.1, implicando a aquisição de novos equipamentos.

Perante esta necessidade de aumento do espaço fabril, optou-se por criar um edifício junto ao setor 1, de modo a minimizar as distâncias entre as áreas de fabrico, otimizando assim o fluxo de materiais entre módulos, reduzindo o número de equipamentos e de mão de obra necessária para transporte de materiais.



Figura 57 - Localização do novo edifício face ao setor 1

Primeiramente, foi realizada pela administração uma análise de qual a área necessária, mas como o terreno será alugado, bem como o edifício, a administração teve que se reger pelos

requisitos impostos pelo proprietário do mesmo. Assim sendo, este delineou algumas características do mesmo, mas sempre tendo em conta as necessidades da empresa:

- Área bruta de 8000 m²;
- Área de apoio de 2000 m² contemplando dois pisos;
- Área bruta destinada à produção de 6000 m²;
- Área interna de produção dividida em 4 edifícios de 25 m x 60 m;
- Cada edifício está dividido por pilares com um vão de 5,2 metros, total de 50 pilares;
- As esteiras foram colocadas ao longo dos pilares;
- Dois cais situados numa das fachadas laterais, que exigem um corredor interno de três metros no mínimo; existe estrutura para criar um terceiro cais, se necessário;
- Quatro pontes grua com movimento transversal ao longo de cada nave.

A Figura 58 mostra a estrutura do edifício, de modo a confirmar as características apresentadas anteriormente.

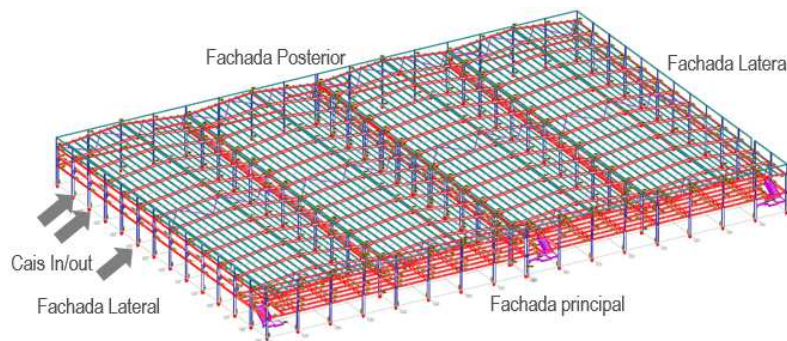


Figura 58 - Estrutura do novo edifício

4.2 Propostas de layout – Fase de pesquisa

Após perceber quais as restrições/características do novo edifício, e segundo o diagrama de relações entre os diferentes módulos realizado no capítulo anterior, segue-se a fase de elaboração de alternativas de possíveis *layouts*.

Foram elaboradas várias alternativas de *layouts* para o novo edifício, mas, por opção da administração, foram apenas analisadas ao pormenor três destas alternativas. As restantes possibilidades de *layout* estão apresentadas nos anexos. Para cada alternativa foi realizada uma análise quantitativa dos fluxos de material entre os diferentes módulos, nomeadamente o número de viagens realizadas e as distâncias percorridas, bem como a quantidade de equipamentos a transportar perante a alternativa proposta. De notar que, apesar da heterogeneidade dos equipamentos, foi considerada uma volumetria e peso médios, estando especificado adiante quais as implicações de transporte destes equipamentos através dos recursos e tempo alocados para a mudança. Por fim, analisou-se quais as áreas que ficariam disponíveis após a reestruturação do *layout*.

4.2.1 Alternativa 1

De todas as possibilidades, esta alternativa é a que provoca a maior reestruturação dos módulos, bem como das áreas de armazenagem. O foco desta alternativa, Figura 59, foi analisar o impacto dos fluxos de material, na medida em que no novo edifício se cria uma unidade de produção completamente autónoma, isto é, não necessita de abastecimento nem fornece os outros módulos nem áreas de armazém. As alterações apresentadas face ao *layout* atual são as seguintes:

- Transferência do módulo F4 para a nova nave fabril, agrupando também todas as linhas de SM que se encontravam dispersas pelos restantes módulos;
- Criação de uma unidade autónoma de produção no módulo F4, integrando todos os processos necessários para o fabrico de sistemas de conforto, bem como zonas de armazenamento de embalagem, matéria prima e produto acabado de sistemas de conforto;
- Transferência do módulo F1 para o setor 1 (local onde estava o módulo F4), e encerrar o local onde se encontrava;
- Eliminação do armazém de espiral (WH3);
- Transferência armazém de matérias primas (WH5) para o setor 1, dividindo-o em duas áreas, uma situada na nova unidade e outra no local do armazém de expedição (WH1);
- Subdividir o armazém de expedição (WH1) em três áreas: matérias primas, expedição de cabos de comando e embalagem;
- Transferência para a nova nave do laboratório que se encontrava no módulo F1.



Figura 59 - Alternativa de *layout* 1

Após descrever a proposta de *layout* futuro, é necessário avaliar quantitativamente os mesmos pressupostos referidos anteriormente na descrição do *layout* atual:

- Tipos de equipamentos utilizados para o transporte de material e respetivas capacidades de transporte;
- Quantidade de material a transportar por dia – este cálculo baseou-se no orçamento de vendas para os próximos três anos;
- Nº de viagens, realizadas por dia/Distâncias percorridas por dia – não existem viagens específicas para retorno de material e ou componentes (paletes, embalagens, matéria prima). Assim sendo, foi considerado que todos os transportes são efetuados com carga completa; os valores apresentados estão arredondados para cima;
- Nº de abastecedores logísticos necessários;
- Equipamentos de transporte necessários.

Nesta análise, são excluídos os fluxos para o armazém de expedição (WH3), adicionados os fluxos da nova unidade fabril e reestruturação das áreas existentes. Para esta análise, é considerada a nova simbologia/posicionamento dos módulos.

Na Tabela 34 estão descritas as distâncias, em metros, a que se encontram os módulos de fabrico e as áreas de armazenamento de material para a proposta de *layout*.

Tabela 34 - Matriz de distâncias, alternativa 1 (em metros)

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5	WH6	WH7
F1	X	X	X	X	X	X	90	X	X	X	X	X
F2	X	X	50	X	X	X	10	X	X	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	60	X	X	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	50
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	90	10	60	X	1200	90	X	X	X	X	X	X
WH3	100	X	X	X	1200	X	90	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	X	1200	X	90	X	X	X	X	X
WH5	10	X	X	10	X	X	X	X	X	X	X	X
WH6	X	X	X	20	X	X	X	X	X	X	X	X
WH7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Em seguida, considerando os mesmos pressupostos e a mesma estrutura de análise efetuada para a situação atual, foram avaliadas as quantidades de material a transportar, ver Tabela 35.

Tabela 35 - Matriz de quantidade de paletes, por turno, alternativa 1

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5	WH6	WH7
F1	X	X	X	X	X	X	12	X	X	X	X	X
F2	X	X	1	X	X	X	16	X	X	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	19	X	X	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	88
F5	X	X	X	X	X	4	X	X	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	0,2	16	15	X	3	33	X	X	X	X	X	X
WH3	5	X	X	X	0,2	X	8	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	X	1	X	19,5	X	X	X	X	X
WH5	X	X	X	12	X	X	X	X	X	X	X	X
WH6	X	X	X	15	X	X	X	X	X	X	X	X
WH7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Como os fluxos condicionam os equipamentos de transporte de material, também estão sujeitos a alterações, mantendo a mesma simbologia apresentada na situação atual, Tabela 34.

Tabela 36 – Matriz de equipamento logístico e respetiva capacidade alternativa 1

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5	WH6	WH7
F1	X	X	X	X	X	X	1 E	X	X	X	X	X
F2	X	X	1 PP	X	X	X	1 S	X	X	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	1 S	X	X	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1 S
F5	X	X	X	X	X	12 C	X	X	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1 E	4 CL	4 CL	X	12 C	4 CL	X	X	X	X	X	X
WH3	E	X	X	X	12 C	X	1 E	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	X	12 C	X	1 E	X	X	X	X	X
WH5	X	X	X	1 PP	X	X	X	X	X	X	X	X
WH6	X	X	X	1 S	X	X	X	X	X	X	X	X
WH7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

O cálculo do número de viagens foi calculado através da equação (3) apresentada no capítulo 3.4, considerando as novas áreas de fabrico e mantendo o mesmo número de turnos, 2,5 turnos por dia. Os resultados estão apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Matriz de número de viagens por dia, alternativa 1

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5	WH6	WH7
F1	X	X	X	X	X	X	30	X	X	X	X	X
F2	X	X	3	X	X	X	40	X	X	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	48	X	X	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	220
F5	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1	10	10	X	1	21	X	X	X	X	X	X
WH3	13	X	X	X	1	X	20	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	X	1	X	49	X	X	X	X	X
WH5	X	X	X	30	X	X	X	X	X	X	X	X
WH6	X	X	X	38	X	X	X	X	X	X	X	X
WH7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Na sequência da análise anterior, pela equação (4) apresentada no capítulo 3.4, referente à distância total percorrida, elaborou-se o mesmo cálculo,

Tabela 38, para a situação proposta, mantendo os mesmos pressupostos.

Tabela 38 - Matriz das distâncias totais, alternativa 1 (em metros)

De / Para	F1	F2	F3	F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4	WH5	WH6	WH7
F1	X	X	X	X	X	X	2700	X	X	X	X	X
F2	X	X	150	X	X	X	400	X	X	X	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	2880	X	X	X	X	X
F4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11000
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	90	100	600	X	1200	1890	X	X	X	X	X	X
WH3	1300	X	X	X	1200	X	1800	X	X	X	X	X
WH4	X	X	X	X	1200	X	4410	X	X	X	X	X
WH5	X	X	X	300	X	X	X	X	X	X	X	X
WH6	X	X	X	760	X	X	X	X	X	X	X	X
WH7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Para além desta análise, nesta proposta analisou-se também o número de transferências de equipamento necessárias tendo em conta esta alternativa, bem como as áreas que ficaram disponíveis para possível integração de novos equipamentos. Esta alternativa iria implicar as seguintes transferências de equipamento:

- Todos os equipamentos que estão inseridos no módulo F4 – 22 máquinas de injeção, 2 fornos para tratamento térmico, 33 equipamentos de corte e conformação de arame;
- Três extrusoras de arame que serão retiradas do módulo F1;
- Onze linhas automáticas de fabrico de *Suspension Mat* que se encontram dispersas por todos os módulos;
- Para além destas transferências, existe a mudança do módulo F1 para o antigo edifício do módulo F4. Isto corresponde à transferência de 67 equipamentos;

Perante esta proposta de *layout*, seria necessário movimentar **138 equipamentos**.

Em seguida, analisaram-se quais as áreas que ficariam disponíveis após estas alterações de *layout*, Tabela 39.

Tabela 39 - Análise de áreas disponíveis para alternativa 1

Módulo / Armazém	Área disponível (m ²)	Justificação
F1	50	Encerramento do edifício que estava situado no setor 2. O módulo passou de uma área 2500 m ² para uma área de 2000 m ² , mas foi considerado retirar alguns equipamentos deste módulo que já estavam obsoletos, ou com baixa produção, ou foram transferidos para outros módulos (caso das extrusoras).
F4	500	O módulo F4 estava inserido num edifício com 2000 m ² , passando para um edifício com uma área produtiva de 6000 m ² , apesar de que nesta área foram incluídas também todas as linhas de <i>Suspension Mat</i> (ocupando cerca de 1800 m ² , considerando já os equipamentos novos – 4 linhas), 3 extrusoras (ocupando cerca de 80 m ²) e uma área de armazenagem (1200 m ²). A serralharia de moldes foi transferida juntamente com o módulo, e adquiriu uma área de cerca de 180 m ² . As restantes áreas estão distribuídas entre zonas de corredores e zonas de armazenamento de produto intermédio. O espaço disponível destina-se à integração de novos equipamentos de corte e conformação e tratamento térmico, bem como linhas de <i>Suspension Mat</i> .
F5	900	Com a deslocação do armazém de matérias primas para o setor 1, toda esta área ficou disponível para receber linhas de montagem que se encontram no módulo F2 e F3, que tem um baixo volume de produção. Com a transferência destas linhas, é permitido recolocar o armazém de componentes no interior do edifício.

4.2.2 Alternativa 2

A alternativa 2 baseia-se no conceito de unificação dos módulos de injeção de plástico existentes, tanto no módulo F4 como no módulo F2, Figura 60. Esta análise foi realizada de modo a estudar as vantagens da unificação deste processo de injeção, e a separação deste processo das linhas de montagem do módulo F2. Esta alternativa aborda as seguintes reestruturações de *layout*:

- Transferência do módulo F4 para a nova nave fabril, agrupando também todas as linhas de SM que se encontravam dispersas pelos restantes módulos;
- Transferência da unidade de injeção que estava integrada no módulo F2, bem como todos os equipamentos que forneciam esta unidade;
- Transferência do módulo F1 para o setor 1 (local onde estava o módulo F4), e encerrar o local onde se encontrava;
- Eliminação do armazém de espiral (WH3);
- Transferência de algumas linhas de montagem do módulo F5 para o módulo F2 (linhas que dependem do módulo de injeção de plástico);
- Reentregar o armazém de componentes (WH2) no interior do edifício do módulo F2;
- Serralharia de moldes integrada, uniformizada e centralizada no novo edifício;
- Transferência do laboratório que se encontrava no F1 para a nova nave.

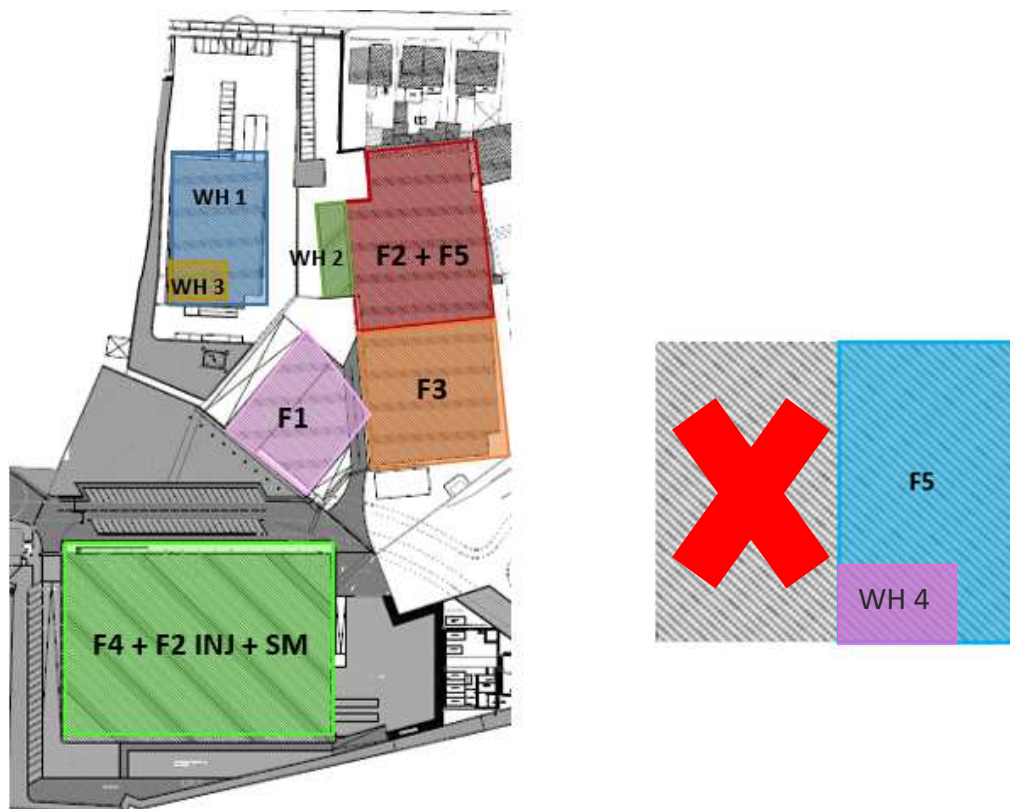


Figura 60 - Alternativa de *layout* 2

Elaborou-se em seguida a mesma análise que foi realizada para a alternativa 1, de modo a perceber os fluxos de material deste modelo.

Primeiramente, avaliaram-se quais as distâncias entre os módulos, Tabela 40.

Tabela 40 - Matriz de distâncias, alternativa 2 (em metros)

De / Para	F1	F2 LM + F5	F3	F2 INJ + F4 + SM	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	400	1240	X	90	X	X
F2 LM + F5	X	X	X	X	X	X	10	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	60	X	X
F2 INJ + F4 + SM	X	X	X	X	1630	600	510	X	X
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	30	10	60	510	1200	90	X	X	X
WH3	X	X	X	600	1200	X	90	X	X
WH4	1230	X	X	1620	10	X	X	X	X

Em seguida, analisou-se quais as quantidades de material a transferir entre os diferentes módulos, considerando os mesmos pressupostos apresentados para o *layout* inicial, Tabela 41.

Tabela 41 - Matriz de quantidade de paletes, por turno, alternativa 2

De / Para	F1	F2 LM + F5	F3	F2 INJ + F4 + SM	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	7	2	X	4	X	X
F2 LM + F5	X	X	X	X	X	X	4	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	7	X	X
F2 INJ + F4 + SM	X	X	X	X	1	88	16	X	X
F5	X	X	X	X	X	2	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1	8	11	15	1	11	X	X	X
WH3	X	X	X	10	4	X	8	X	X
WH4	2	X	X	6	1	X	X	X	X

Após o cálculo do número de paletes a transportar por turno, analisou-se qual o equipamento logístico mais adequado para transportar o material entre os diferentes módulos, considerando a sua capacidade de transporte de paletes como mostra a Tabela 42.

Tabela 42 - Matriz de equipamento logístico e respetiva capacidade, alternativa 2

De / Para	F1	F2 LM + F5	F3	F2 INJ + F4 + SM	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	1 E	X	1 E	12 C	X	1 E	X	X
F2 LM + F5	X	X	X	X	X	X	1 S	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	1 S	X	X
F2 INJ + F4 + SM	X	X	X	X	12 C	6 CL	6 CL	X	X
F5	X	X	X	X	X	12 C	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1 E	4 CL	4 CL	6 CL	12 C	4 CL	X	X	X
WH3	X	X	X	1 E	12 C	X	1	X	X
WH4	12 C	X	X	12 C	1 S	X	12 C	X	X

Em seguida, calculou-se o número de viagens por dia, considerando a capacidade dos equipamentos e as quantidades de material a transportar, como demonstra a Tabela 43.

Tabela 43 - Matriz de número de viagens por dia, alternativa 2

De / Para	F1	F2 LM + F5	F3	F2 INJ + F4 + SM	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	18	1	X	10	X	X
F2 LM + F5	X	X	X	X	X	X	10	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	18	X	X
F2 INJ + F4 + SM	X	X	X	X	1	37	7	X	X
F5	X	X	X	X	X	1	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	3	5	7	7	1	7	X	X	X
WH3	X	X	X	25	1	X	20	X	X
WH4	1	X	X	2	3	X	X	X	X

Apos calcular o número de viagens a realizar por dia, determinaram-se as distâncias totais percorridas, como mostra a Tabela 44.

Tabela 44 - Matriz das distâncias totais, alternativa 2 (em metros)

De / Para	F1	F2 LM + F5	F3	F2 INJ + F4 + SM	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	7200	1240	X	900	X	X
F2 LM + F5	X	X	X	X	X	X	100	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	1080	X	X
F2 INJ + F4 + SM	X	X	X	X	1630	22200	3570	X	X
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	90	50	420	3570	1200	630	X	X	X
WH3	X	X	X	15000	1200	X	1800	X	X
WH4	1230	X	X	3240	30	X	X	X	X

Como realizado para a alternativa 1, analisou-se também o número de transferências de equipamentos necessárias perante esta alternativa, bem como as áreas que ficaram disponíveis para possível integração de novos equipamentos.

Esta alternativa iria implicar as seguintes transferências de equipamentos:

- Todos os equipamentos que estão inseridos no módulo F4 – 22 máquinas de injeção, 2 fornos para tratamento térmico, 33 equipamentos de corte e conformação de arame;
- Equipamentos do módulo F2 associados ao processo de injeção – 18 máquinas de injeção; 49 equipamentos de corte, injeção de *Zamak* e postos de montagem de subconjuntos;
- Duas linhas de montagem situadas no módulo F3, o qual contém o processo de injeção integrado na linha;
- Onze linhas automáticas de fabrico de *Suspension Mat* que se encontram dispersas por todos os módulos;
- Para além destas transferências, existe a mudança do módulo F1 para o antigo edifício do módulo F4. Isto corresponde à transferência de 70 equipamentos.

Perante esta proposta de *layout*, seria necessário movimentar **207 equipamentos**.

Em seguida, analisaram-se quais as áreas que ficariam disponíveis após estas alterações de *layout*, Tabela 45.

Tabela 45 - Análise de áreas disponíveis para alternativa 2

Módulo / Armazém	Área disponível (m ²)	Justificação
F3	250	Transferência de duas linhas de montagem, que integram o processo de injeção na própria linha, para o novo edifício;
F4	500	O módulo F4 estava inserido num edifício com 2000 m ² , passando para um edifício com uma área produtiva de 6000 m ² , apesar de nesta área ter sido também considerada a inclusão de todas as linhas de <i>Suspension Mat</i> (ocupando cerca de 1800 m ² , considerando já os equipamentos novos – 4 linhas), máquinas de injeção do módulo F2, os equipamentos agregados ao processo (800 m ²), e as duas linhas de montagem (250 m ²). A serralharia de moldes foi transferida juntamente com o módulo e adquiriu uma área de cerca de 180 m ² . As restantes áreas estão distribuídas entre zonas de corredores e zonas de armazenamento de produto intermédio. O espaço disponível destina-se à integração de novos equipamentos de corte e conformação, tratamento térmico, bem como linhas de <i>Suspension Mat</i> .
F2	400	Com a deslocação do módulo de injeção, foi possível recolocar o armazém de componentes dentro do edifício (400 m ²), sobrando assim 400 m ² para transferir linhas do módulo F5 para o setor 1.

4.2.3 Alternativa 3

Esta alternativa foi elaborada à semelhança da alternativa 2, unificando os dois módulos de injeção de plástico, Figura 61. Neste caso, não existe separação do módulo F2 - injeção do módulo e F2 - linhas de montagem, e analisa-se a possibilidade de as linhas de *Suspension Mat* ficarem integradas no antigo edifício do módulo F2. Esta alternativa aborda as seguintes reestruturações de *layout*:

- Transferência do módulo F4 para a nova nave fabril, à exceção das linhas de *Suspension Mat*;
- Transferência do módulo F2 para a nova nave fabril;
- Transferência das linhas de *Suspension Mat* para o edifício do antigo módulo F2;
- Transferência do módulo F1 para o setor 1 (local onde estava o módulo F4), e encerrar o local onde se encontrava;
- Eliminação do armazém de espiral (WH3);
- Reintegrar o armazém de componentes (WH2) no interior do edifício do módulo F2;
- Transferência do laboratório que se encontrava no módulo F1 para a nova nave.

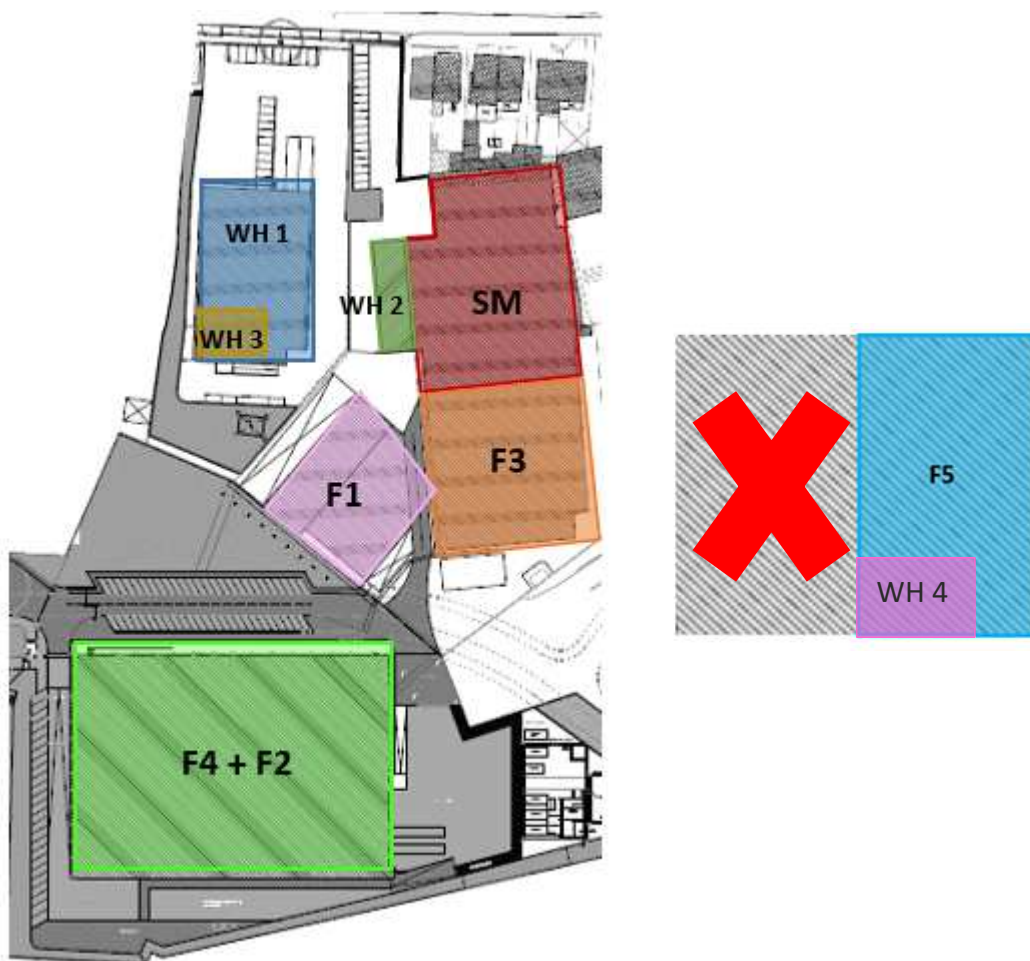


Figura 61 - Alternativa de *layout* 3

A simbologia utilizada para descrever os *layouts* altera relativamente às alternativas anteriores, sendo “SM” para denominar o módulo com linhas de *Suspension Mat*, e “F2+F4” para caracterizar que foram os dois módulos completos transferidos para o novo edifício.

À semelhança do estudo realizado para a alternativa 1 e 2, elaborou-se a mesma análise para as distâncias entre os módulos, quantidade de material a transportar, número de viagens realizadas e, conseqüentemente, as distâncias totais percorridas entre os módulos por dia. Estes dados estão descritos da Tabela 46 à Tabela 50.

De notar para efeitos de cálculo que foram utilizados os mesmos pressupostos utilizados anteriormente.

Tabela 46 - Matriz de distâncias, alternativa 3 (em metros)

De / Para	F1	SM	F3	F2 + F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	400	1240	X	90	X	X
SM	X	X	X	X	X	X	10	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	60	X	X
F2 + F4	X	X	X	X	1630	600	510	X	X
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	30	10	60	510	1200	90	X	X	X
WH3	X	X	X	600	1200	X	90	X	X
WH4	1230	X	X	1620	10	X	1240	X	X

Tabela 47 – Matriz de quantidade de paletes, por turno, alternativa 3

De / Para	F1	SM	F3	F2 + F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	5	2	X	5	X	X
SM	X	X	X	X	X	X	32	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	7	X	X
F2 + F4	X	X	X	X	1	23	1	X	X
F5	X	X	X	X	X	3	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1	15	11	8	2	39	X	X	X
WH3	X	X	X	8	4	X	10	X	X
WH4	2	X	X	4	1	X	2	X	X

Tabela 48 - Matriz de equipamento logístico e respetiva capacidade alternativa 3

De / Para	F1	SM	F3	F2 + F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	1 E	X	1 E	12 C	X	1 E	X	X
SM	X	X	X	X	X	X	1 S	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	1 S	X	X
F2 + F4	X	X	X	X	12 C	6 CL	6 CL	X	X
F5	X	X	X	X	X	12	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	1 E	4 CL	4 CL	6 CL	12 C	4 CL	X	X	X
WH3	X	X	X	1 E	12 C	X	1 E	X	X
WH4	12	X	X	12	1 S	X	12 C	X	X

Tabela 49 - Matriz de número de viagens por dia, alternativa 3

De / Para	F1	SM	F3	F2 + F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	13	1	X	13	X	X
SM	X	X	X	X	X	X	80	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	18	X	X
F2 + F4	X	X	X	X	1	10	1	X	X
F5	X	X	X	X	X	1	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	3	10	7	4	1	25	X	X	X
WH3	X	X	X	20	1	X	25	X	X
WH4	1	X	X	1	3	X	1	X	X

Tabela 50 - Matriz das distâncias totais, alternativa 3 (em metros)

De / Para	F1	SM	F3	F2 + F4	F5	WH1	WH2	WH3	WH4
F1	X	X	X	5200	1240	X	1170	X	X
SM	X	X	X	X	X	X	800	X	X
F3	X	X	X	X	X	X	1080	X	X
F2 + F4	X	X	X	X	1630	6000	510	X	X
F5	X	X	X	X	X	1200	X	X	X
WH1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
WH2	90	100	420	2040	1200	2250	X	X	X
WH3	X	X	X	12000	1200	X	2250	X	X
WH4	1230	X	X	1620	30	X	1240	X	X

Como realizado para a alternativas 1 e 2, analisaram-se o número de transferências de equipamentos necessárias perante esta alternativa, bem como as áreas que ficaram disponíveis para possíveis integrações de novos equipamentos. Esta alternativa iria implicar as seguintes transferências de equipamento:

- Todos os equipamentos que estão inseridos no módulo F4 – 22 máquinas de injeção, 2 fornos para tratamento térmico, 33 equipamentos de corte e conformação de arame;
- Todos os equipamentos que estão inseridos no módulo F2 – 18 máquinas de injeção, 49 equipamentos de corte, injeção de *Zamak* e postos de montagem de subconjuntos, 22 linhas de montagem;
- Duas linhas de montagem situadas no módulo F3, as quais contêm o processo de injeção integrado nas linhas;
- Onze linhas automáticas de fabrico de *Suspension Mat* que se encontram dispersas por todos os módulos, são transferidas para o módulo F2;
- Para além destas transferências, existe a mudança do módulo F1 para o antigo edifício do módulo F4. Isto corresponde à transferência de 70 equipamentos.

Perante esta proposta de *layout* seria necessário movimentar **229 equipamentos**.

Em seguida, analisaram-se quais as áreas que ficariam disponíveis após estas alterações de *layout*, Tabela 51.

Tabela 51 - Análise de áreas disponíveis para alternativa 3

Módulo / Armazém	Área disponível (m ²)	Justificação
F3	250	Transferência de duas linhas de montagem, que integram o processo de injeção na própria linha, para o novo edifício.
F4	200	O módulo F4 estava inserido num edifício com 2000 m ² passando para um edifício com uma área produtiva de 6000 m ² , incluindo também o módulo F2 com 2500 m ² . A serralharia de moldes foi transferida juntamente com o módulo e adquiriu uma área de cerca de 180 m ² . As restantes áreas estão distribuídas entre zonas de corredores e zonas de armazenamento de produto intermédio.
F2	2000	Com a deslocação do módulo de injeção, foi possível recolocar o armazém de componentes dentro do edifício (400 m ²), sobrando assim 2000 m ² para transferir as linhas de <i>Suspension Mat</i> .

4.3 Seleção do layout

Terminada a fase de pesquisa onde foram elaboradas as possíveis alternativas de *layout*, segue-se a fase de seleção.

Esta última fase consiste em definir qual a melhor alternativa de *layout* de acordo com as imposições impostas pela administração. Para tal, de modo a sustentar a seleção da melhor opção, recorreu-se à metodologia AHP.

Esta metodologia AHP é utilizada como ferramenta de auxílio à decisão para resolução do problema de *layout* de uma fábrica, devido à sua praticidade de aplicação. Após a elaboração de diversas alternativas de *layout*, o AHP é então aplicado, a fim de proporcionar a realização de uma avaliação multicritério, incluindo aspetos qualitativos e quantitativos.

Como referido anteriormente, existem vários critérios que se podem considerar para estudar qual a melhor alternativa. Para este estudo, foram considerados três critérios, os quais foram definidos juntamente com a administração, para a avaliação da melhor alternativa de *layout*. A seleção destes critérios baseou-se no facto de existirem dados concretos para proceder à análise dos mesmos, não se optando assim apenas por dados qualitativos. Estes estão apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 - Descrição dos critérios para avaliação do *layout*

Critério	Descrição
Maximizar a flexibilidade para futuras expansões	Este critério refere-se às áreas que ficam disponíveis para possíveis aquisições de novos equipamentos, atendendo ao volume de negócio.
Minimizar os fluxos de material	A minimização dos fluxos está relacionada com as distâncias percorridas pelos materiais entre os diferentes módulos durante o processo de fabrico.
Minimizar número transferências de equipamentos (<i>re-layout</i>)	Este critério determina o impacto das alterações de <i>layout</i> , podendo assim avaliar os custos de investimento necessários. Este critério no desenvolvimento do método é denominado por "custo".

Perante estes critérios e alternativas propostas, de modo a facilitar o processo de seleção, optou-se por recorrer a um *software*, *R Studio*, capaz de agilizar todas as etapas de cálculo. O *software* integra uma opção de cálculo do método AHP e, para tal, apenas foi necessário introduzir no sistema os dados necessários para a obtenção da solução ótima.

De acordo com o método, o primeiro dado a introduzir no *software* trata-se do objetivo da decisão, seguido dos critérios definidos, bem como as alternativas apresentadas. Assim, o *software* desenvolve a estrutura hierárquica a seguir para esta tomada de decisão. A Figura 62 representa o digrama elaborado pelo *software*.

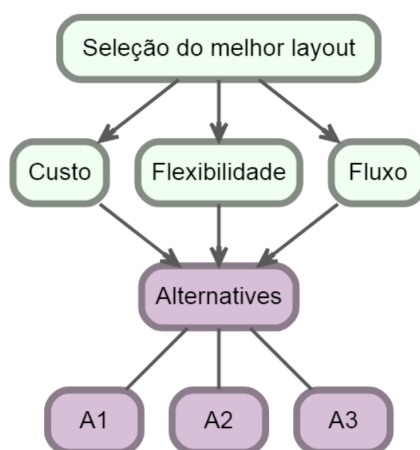


Figura 62 - Hierarquia AHP definida

Após introduzir os critérios e as alternativas propostas, é necessário, segundo o método, elaborar a matriz de relações entre os diferentes critérios, de modo a quantificar qual o critério mais relevante e com maior peso na tomada de decisão, de acordo com a estratégia definida pela administração.

A aplicação dos graus de importância, resume a estratégia adotada pela empresa na implantação de uma nova unidade fabril. Estes graus são classificados numa escala de 0 a 10 conforme a Tabela 6, incluída no capítulo 2.4.

Assim, definiu-se que o critério com mais impacto a considerar na avaliação das alternativas apresentadas, é a minimização do fluxo, pois a empresa prevê que com estas alterações seja possível a otimização dos fluxos existentes, centralizando todas as áreas de produção no mesmo setor, reduzindo as distâncias percorridas, bem como os recursos necessários para realizar o transporte de material entre os diferentes módulos de fabrico. Obtêm assim uma melhor produtividade, aumentando a eficiência e eficácia de todo o processo produtivo.

A maximização da flexibilidade, apesar de ser um fator a considerar devido à possibilidade de integração de novos projetos e equipamentos, é o critério com menor peso comparativamente à minimização dos fluxos e dos custos, na medida em que, a nova unidade fabril foi dimensionada considerando as previsões do volume de negócio para os próximos anos, e consequentes aquisições de novos equipamentos. Assim, este critério não é prioritário, pois para um futuro próximo já estão consideradas as áreas necessárias para aquisição dos novos equipamentos. No entanto, é necessário ter áreas disponíveis para possíveis alterações não previstas que possam surgir, tanto no que diz respeito a novos equipamentos, como alterações de *layout* que otimizem o processo produtivo.

Resultante do número de transferências dos equipamentos, estão associados os custos dos recursos necessários para concretizar as mudanças. Como tal, para qualquer empresa, a estratégia mais vantajosa, opta sempre pela realização do trabalho com menor investimento possível. Como para além destes custos, existem os custos de investimento na construção / aquisição do edifício, considerou-se que este critério teria que estar incluído na tomada de decisão, apesar de não ter um grau de importância significativo comparativamente com a minimização dos fluxos, que é o principal objetivo, segundo a estratégia definida pela administração.

A matriz que descreve os graus de importância aplicados na comparação dos critérios está representada na Tabela 53.

Tabela 53 - Matriz de relações entre critérios

	Maximizar flexibilidade	Minimizar fluxos	Minimizar custos
Maximizar flexibilidade	1	1/9	1/2
Minimizar fluxos	9	1	7
Minimizar custos	2	1/7	1

Após elaborar a matriz de relações entre os diferentes critérios, é necessário realizar a matriz de comparação par a par entre as diferentes alternativas relativamente a cada critério, atribuindo os graus de importância que são classificados numa escala de 0 a 10, conforme a Tabela 6, incluída no capítulo 2.4. Estas matrizes justificam-se através dos valores calculados anteriormente, para cada alternativa, como está demonstrado na Tabela 54.

Tabela 54 - Matriz de dados de cada critério e respetiva alternativa

	Flexibilidade (m²)	Fluxo (m)	Custo (und)
Alternativa 1	1450	33180	138
Alternativa 2	1150	67580	207
Alternativa 3	2450	44500	229

Perante estes dados elaboraram-se as matrizes de comparação entre as alternativas a introduzir no *software* para em seguida proceder ao cálculo da solução ótima. As matrizes estão representadas da Tabela 55 à Tabela 57.

Tabela 55 - Matriz de comparação entre as diferentes alternativas e o critério de maximização da flexibilidade

Maximizar flexibilidade	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	1/3	5
Alternativa 2	3	1	7
Alternativa 3	1/5	1/7	1

Tabela 56 - Matriz de comparação entre as diferentes alternativas e o critério de minimização de fluxo

Minimizar fluxos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	9	3
Alternativa 2	1/9	1	1/5
Alternativa 3	1/3	5	1

Tabela 57 - Matriz de comparação entre as diferentes alternativas e o critério de minimização de custos

Minimizar custos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1	3	5
Alternativa 2	1/3	1	2
Alternativa 3	1/5	1/2	1

Depois de definir as matrizes de comparação e introduzi-las no *software* procedeu-se ao cálculo do método AHP onde se obtiveram os resultados apresentados na Tabela 58.

Tabela 58 - Resultados obtidos pelo software *RStudio* na resolução do método AHP

	Weight	A1	A3	A2	Inconsistency
Selecionar o melhor layout	100.0%	63.9%	23.2%	12.9%	2.1%
Fluxo	79.3%	53.2%	21.0%	5.0%	2.8%
Custo	13.1%	8.5%	1.6%	3.0%	0.4%
Flexibilidade	7.6%	2.1%	0.5%	4.9%	6.2%

Perante estes dados conclui-se, como referido anteriormente, que o critério de minimização do fluxo apresenta um peso superior em relação aos outros critérios, equivalendo a 79,3%. Assim sendo, a alternativa que corresponde à solução ótima, com um resultado de 63,9%, solução que posteriormente foi implantada pela empresa, é a alternativa 1. Todas as alternativas apresentam um índice de consistência inferior a 0,1 por isso pode-se afirmar, segundo Saaty, que as comparações de matrizes não são inconsistentes e as avaliações são válidas.

A alternativa 1, como se trata da alternativa correspondente ao menor fluxo de acordo com que foi calculado anteriormente, e o critério de minimização de fluxos foi definido como o critério com maior peso a considerar, pode concluir-se que os resultados obtidos espelham dados coerentes.

NOVA UNIDADE FABRIL

5.1 LAYOUT

5.2 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

5.3 IMPACTO ECONÓMICO

5 Nova unidade fabril

5.1 Layout

Após a avaliação de qual o melhor *layout* para estrutura da área industrial da Fico Cables, neste capítulo aborda-se qual o *layout* do novo edifício que integra o módulo F4, as linhas de *Suspension Mat* e uma área de armazenagem. Assim sendo, o novo edifício tem que integrar os seguintes equipamentos/áreas:

- Equipamentos de corte de arame para coxins e para linhas de *Suspension Mat*;
- Equipamentos para conformação de arame;
- Equipamentos de corte e conformação de arame (processos agregados no mesmo equipamento);
- Equipamentos para realizar o processo de tratamento térmico de arames;
- Máquinas de injeção de plástico de Coxins;
- Equipamentos de revestimento e corte de arame (processos agregados no mesmo equipamento);
- Serralharia de moldes;
- Armazém de matérias primas, embalagem e produto acabado.

O número de equipamentos que integram este módulo, bem como a respetiva área que ocupam, estão descritos na Tabela 59.

Tabela 59 – Descrição dos processos integrados no novo edifício

Produto	Processos	Número de equipamentos	Área necessária (m ²)
<i>Coxim</i>	Corte de Arame	2	16
	Conformação de arame	9	100
	Corte e conformação de arame	15	310
	Tratamento térmico	3	300
	Sobreinjeção de plástico	23	600
<i>Suspension Mat</i>	Corte de Arame	8	64
	Revestimento e corte de arame	3	145
	Linhas automáticas	15	1000

Foram avaliadas várias alternativas de *layout*, mas, para este estudo, não se optou por definir o *layout* segundo a metodologia SLP, na medida em que a administração optou por definir a disposição dos equipamentos de modo a não impactar o método de funcionamento utilizado atualmente, optando assim por uma decisão empírica. No entanto, o *layout* apresenta uma disposição lógica dos equipamentos, pois estes estão dispostos por tipo de processo de fabrico, mas simultaneamente pelos projetos que produzem.

Apesar da não aplicação da metodologia SLP, foi elaborado o digrama de relações, Figura 63, com suporte nos dados atuais, para perceber as relações existentes entre os diferentes processos de fabrico e facilitar a elaboração de uma proposta de *layout*. Os critérios utilizados foram os mesmos apresentados anteriormente:

- **A – Absolutamente necessários**
- **E – Especialmente importante**
- **I – Importante**
- **O – Importância ordinária**
- **U – Sem importância**
- **X – Indesejável**

Para além destes critérios, os graus de avaliação para a seleção dos critérios anteriores são os seguintes:

- 1- **Fluxos internos** – representa as de movimentação de material entre os diferentes processos produtivos;
- 2- **Sinergias Técnicas** - representa os recursos de mão de obra especializada, nomeadamente, técnicos de manutenção, afinadores, entre outros; *Supply Chain* – representa os recursos relativos à logística, isto é, dedicados ao transporte interno e externo de material;
- 3- **Segurança** – Garantir que não existem trocas de material visto que a matéria prima para o fabrico de coxins e *Suspension Mat* é a mesma.

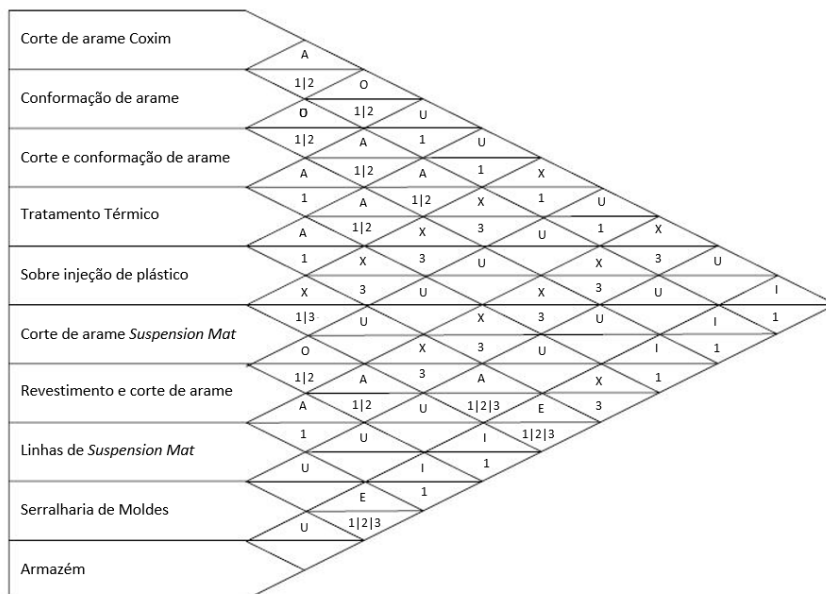


Figura 63 – Diagrama de relações entre processos selecionados a transferir para o novo módulo

Perante este diagrama, observam-se quais as áreas de produção que têm que estar próximas uma das outras, e quais é que se deve evitar aproximar, de modo a prevenir possíveis falhas no fluxo interno de materiais, como por exemplo, mistura de referências. Os requisitos impostos pela administração, para a elaboração do *layout*, consideraram as dependências entre os processos e máquinas, exigindo assim um critério de disposição rigoroso, de modo a otimizar os fluxos internos, não impactando a metodologia de funcionamento atual.

Assim sendo, foram impostas as seguintes restrições:

- Processos de corte dedicados às linhas de *Suspension Mat* necessitam de estar próximos;
- Processos de corte e conformação dedicados ao processo de sobreinjeção necessitam de estar próximos da área de tratamento térmico e sobreinjeção;
- O processo de tratamento térmico deverá estar centralizado;
- A serralharia de moldes tem que estar próxima da área de sobre injeção;
- As máquinas de injeção têm que estar dispostas segundo movimento das pontes guias, de modo a facilitar a movimentação dos moldes;
- Deverão existir corredores de passagem entre equipamentos;
- Deverão existir corredores em torno do edifício;
- Deverão existir zonas para seleção de materiais;
- Deverão existir zonas para abastecimento de granulado de polímeros às máquinas de injeção;
- Existência de supermercados entre o processo de conformação, tratamento térmico e o processo de sobreinjeção;
- Área de armazém deve contemplar: embalagem, matérias primas e produto acabado.

Avaliados todos os requisitos impostos, a proposta de *layout* está apresentada na Figura 64.

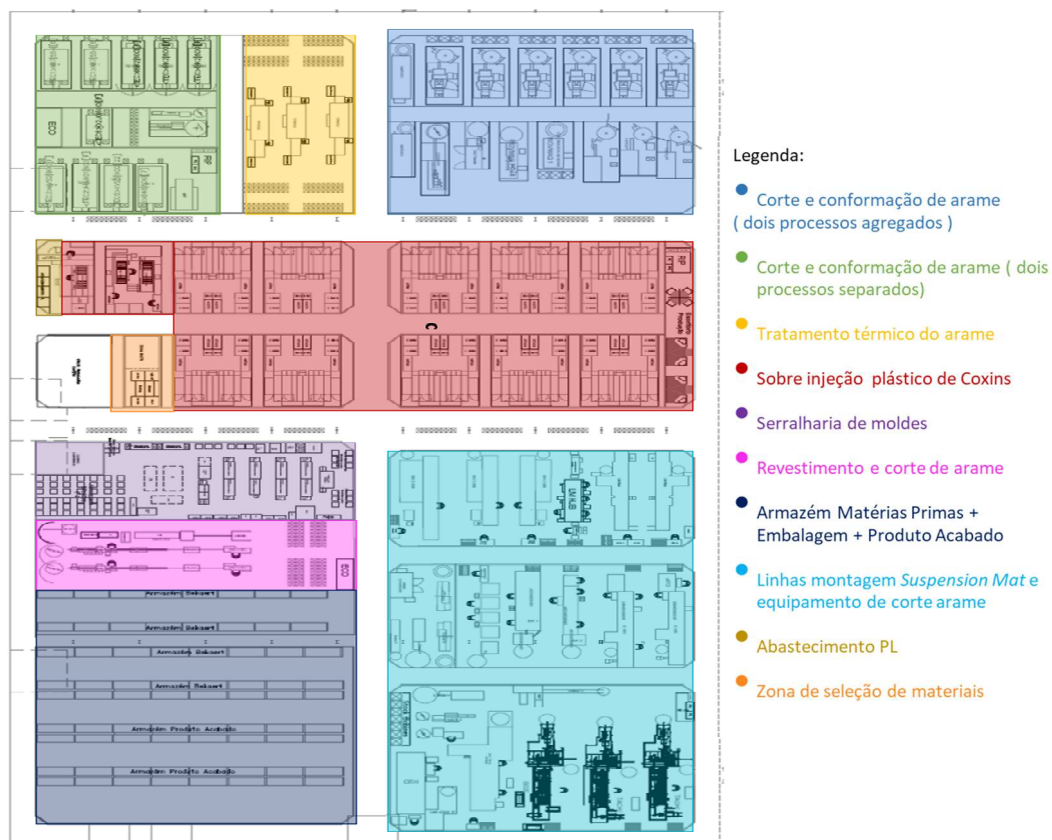


Figura 64 - Layout da nova unidade fabril de acordo com a alternativa selecionada

Os fluxos internos de materiais estão descritos na Figura 65 contendo então todos os processos necessários para a produção de sistemas de conforto, Coxins e *Suspension Mat*.

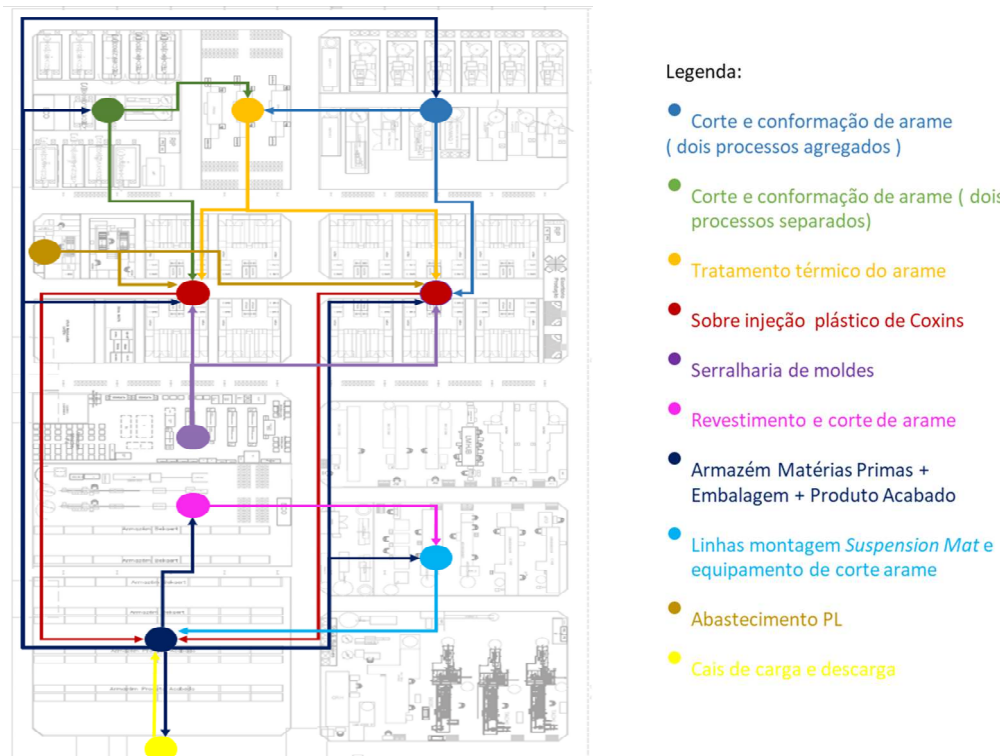


Figura 65 - Diagrama de fluxos internos para o layout da nova unidade fabril

Esta disposição dos equipamentos permite uma melhoria dos fluxos internos, visto que todos os processos intermédios se encontram próximos do seu cliente final. O espaço de armazenagem, apesar de não estar próximo de todos os processos, ficou próximo do cais, o que facilita a carga e descarga de materiais, podendo estes serem transportados internamente por um comboio logístico. Este espaço é reduzido para a preparação de cargas.

Como referido no capítulo anterior, devido ao elevado número de material a expedir deste tipo de produtos por dia, integrou-se uma área de armazém de modo a aliviar o fluxo de material do armazém de expedição e reduzindo assim as movimentações entre módulos. Para além desta área de armazém dedicada ao produto acabado, decidiu-se integrar nesta mesma área uma zona de armazém de matéria prima e de embalagem que abastecem o módulo.

Para este fluxo, foi considerado um espaço de armazenagem de cinco estantes com 3 níveis de altura, tendo 3,7 m entre bastidores, o que equivale a 3 paletes com dois níveis cada zona. Cada espaço contém 8 zonas, ou seja, o espaço de armazenagem comporta até 720 paletes.

Relativamente à matéria prima que abastece este módulo, com esta disposição de *layout* esta ficará armazenada no interior do mesmo, ou seja, o arame que abastece o processo de corte e conformação de arame, bem como o arame que fornece as máquinas de revestimento de arame que foram deslocadas do módulo F1, fica armazenado no módulo. Para este material, estão reservadas três estantes que suportam aproximadamente 234 paletes de material.

Para além de se definir as localizações das diferentes áreas de fabrico dentro do módulo, foi elaborado um estudo de relações entre os equipamentos de diferentes processos de fabrico, em que a sua produção está relacionada. Após este estudo, definiu-se máquina a máquina qual a sua localização final, de modo a reduzir as distâncias de transporte e evitar perdas de material ao longo do módulo. O estudo foi elaborado para os diferentes produtos. A Figura 66 demonstra a disposição final dos equipamentos e quais as relações entre eles, de acordo com os projetos existentes. Nos diagramas, a cada cor corresponde um projeto diferente.

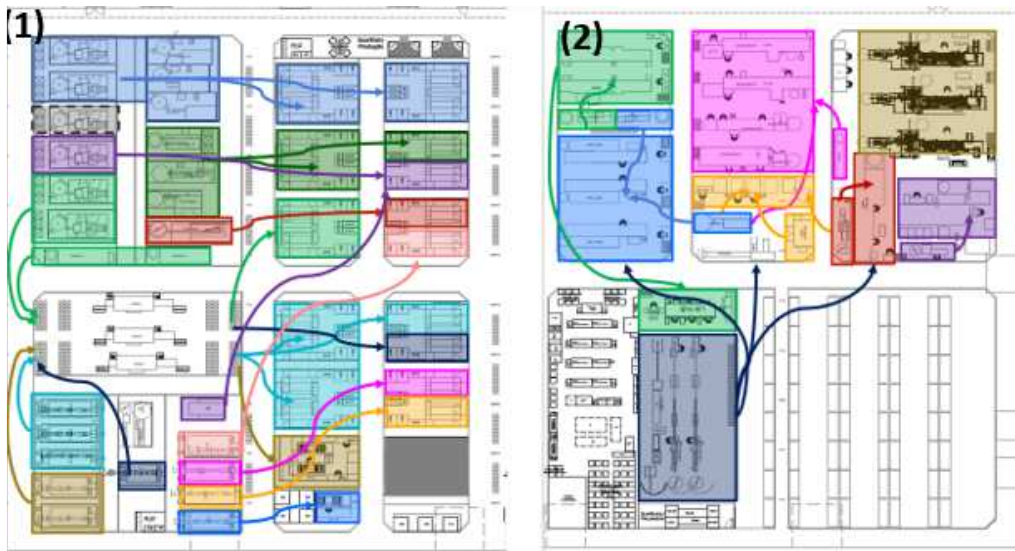


Figura 66 - Diagrama de relações entre equipamentos por projeto para o fabrico de coxins (1) e SM (2)

Após descrever como ficou disposto o *layout* da nova unidade fabril, realizou-se uma análise SWOT, Figura 67, para perceber se a alternativa se enquadrava com os objetivos inicialmente apresentados pela administração. Perante esta análise, conclui-se que todos os requisitos impostos eram considerados e cumpridos consoante as limitações existentes.

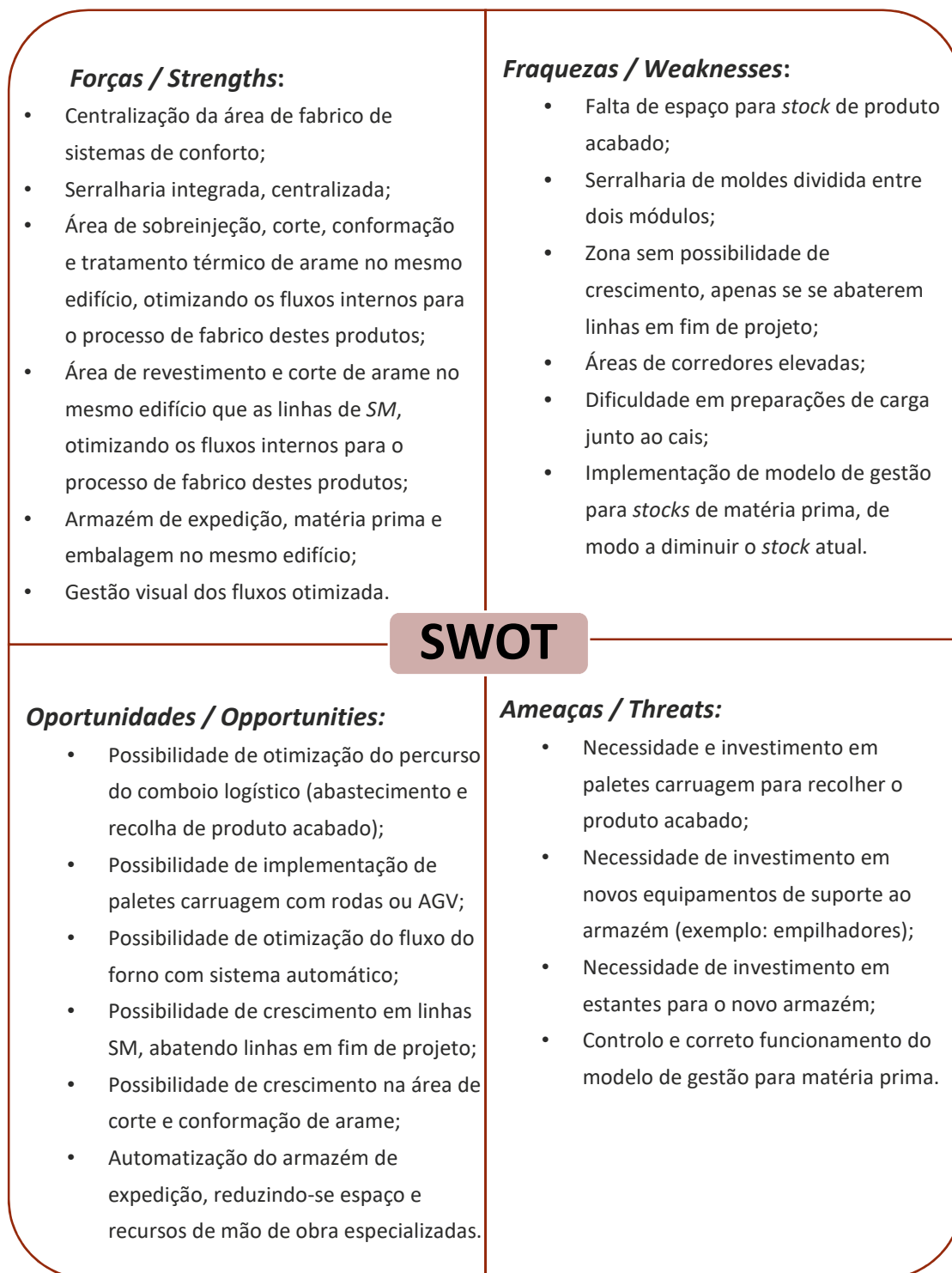


Figura 67 – Análise SWOT para alternativa de *layout* do novo edifício

5.2 Processo de implementação da solução

Perante a tomada de decisão na definição do *layout* fabril adequado, seguiu-se para a fase de implementação destas soluções.

Foi então necessário elaborar o planeamento das transferências dos equipamentos, definindo os pressupostos a analisar para a realização da mesma:

- Avaliar as necessidades de produção de cada linha/máquina, de acordo com os pedidos do cliente;
- Definir qual o tempo de paragem de produção necessário para conseguir transferir o equipamento, de acordo com as suas características;
- Avaliar qual o meio/método de transporte adequado para a transferência, e garantir a sua disponibilidade na data prevista;
- Definir possíveis manutenções a efetuar aquando da transferência e, conseqüentemente, a duração da intervenção e quais os meios necessários;
- Analisar as necessidades de ligações elétricas, de ar comprimido e água, de cada equipamento;
- Avaliar se o local de destino tem condições para receber o equipamento – se o espaço está disponível, limpo, organizado, e se garante as condições necessárias para efetuar as ligações;
- Ao transferir o equipamento, avaliar quais os acessórios agregados ao bordo de linha (exemplo: mesas de apoio, *racks*, caixas para sucata de material, ferramentas) e definir a sua localização futura;
- Avaliar se existem elementos no equipamento que vão necessitar de calibração após a transferência;
- A cada equipamento a transferir, é necessário elaborar formatos de gestão visual (*micro layout* do equipamento com as localizações de materiais definidas, qual o tipo de embalagem a utilizar por tipo de material, e qual a frequência de abastecimento do armazém ao equipamento destes matérias), ver anexo 8.2.

Para além de definir estes pressupostos, criou-se uma *Check List*, ver anexo 8.3, com o objetivo de envolver todas as equipas interessadas na respetiva transferência, informando do plano de transferências, e cada responsável avaliaria se existiam as condições necessárias para a realização da mesma.

Após definir o método de planeamento, definiu-se uma equipa de colaboradores e de fornecedores externos que iriam dar suporte a todo o processo de transferência. Perante este cenário, criaram-se as condições necessárias para iniciar este processo de reestruturação desta unidade de negócio. Elaborou-se assim um cronograma, anexo 8.4, considerando os pressupostos acima referidos, e iniciaram-se as transferências dos equipamentos, tanto para a nova nave fabril, como reestruturações internas dos módulos existentes. Para a elaboração do cronograma, foi necessário definir quais as prioridades no processo de transferência, e reunir com todos os intervenientes para definir qual o tempo estimado para cada transferência.

Na Tabela 60 estão descritos de modo generalizado qual o tempo de transferência de equipamentos, a mão de obra necessária, bem como se existia necessidade de subcontratar serviços externos para realizar as movimentações, como por exemplo, a utilização de um caminhão grua como representa a figura 68.

Tabela 60 - Descrição da duração e mão de obra necessária para transferir equipamentos

Equipamento	Duração transferência / por equipamento (Horas)	Mão de obra necessária (und)	Necessita de manutenção	Necessidade de subcontratar caminhão grua
Máquinas de injeção	40	10	Foi realizada manutenção preventiva em todas as máquinas;	Sim, são equipamentos de grandes dimensões e com elevado peso bruto. A máquina é dividida em duas metades e transportada uma da cada vez.
Linhas de <i>Suspension Mat</i>	8	5	Não necessitam de manutenção, mas sim de afinações após o transporte;	Sim, são equipamentos de grandes dimensões e com elevado peso bruto.
Linhas de Montagem	4	5	Não necessitam de manutenção, apenas efetuar as ligações;	NÃO, apenas se for entre módulos.
Equipamentos de corte e conformação de arame	4	5	Não necessitam de manutenção, apenas efetuar as ligações;	Sim, são equipamentos de grandes dimensões e com elevado peso bruto.
Equipamentos de tratamento térmico	8	5	Não necessitam de manutenção, apenas efetuar as ligações;	Sim, são equipamentos de grandes dimensões e com elevado peso bruto.
Extrusoras	8	5	Não necessitam de manutenção, apenas efetuar as ligações;	Sim, são equipamentos de grandes dimensões e com elevado peso bruto.
Estantes de armazém	40	8	Não	Sim, para transportar as estruturas das estantes.



Figura 68 – Exemplo de transferência de uma linha de montagem com caminhão grua

5.3 Impacto Económico

Após definir o *layout* do novo edifício, é necessário avaliar o impacto económico resultante da implantação da nova unidade fabril. Por questões de confidencialidade, para todos os valores foi utilizado um fator de conversão, ou seja, todos os valores apresentados são representados por unidades de custo, as quais diferem do Euro.

5.3.1 Investimento

Como o edifício foi contruído numa área alugada, grande parte dos custos de investimento ficaram a cargo do proprietário do terreno, bem como a definição da estrutura do edifício. No entanto, para além dos custos de construção da fachada do edifício, existiram outros custos de instalações que ficaram a cargo da Fico Cables. Estes custos estão representados na Tabela 61.

Tabela 61 - Investimentos a cargo da Fico Cables para instalação do novo edifício

Descrição do investimento	Custo estimado (und. custo)	Custo Real (und. custo)
Instalação da área de escritórios e refeitório	600 979	532 816
Instalação das infraestruturas do Laboratório	25 431	26 673
Climatização do edifício, tanto na área produtiva como na área de escritórios	178 733	174 909
Pavimentos interiores e exteriores	377 691	348 362
Instalação elétrica	560 210	512 658
Instalação da rede de água	50 593	25 641
Instalação da rede de ar comprimido	52 900	43 700
Instalação de pontes rolantes	96 830	93 725
Total	1 943 367	1 758 484

Ao analisar estes dados, conclui-se que existiu uma estratégia da empresa para minimizar os custos, conseguindo reduzi-los em 10% comparativamente ao valor estimado.

5.3.2 Transferência de Equipamentos

Como referido anteriormente, para proceder à transferência dos equipamentos, analisaram-se quais os recursos necessários, avaliando assim a necessidade de subcontratar serviços externos, tanto de mão de obra especializada como equipamentos necessários para dar suporte às movimentações (Exemplo: camião grua, plataformas elevatórias, empilhadores, etc.).

Assim sendo, tendo em conta o exposto no capítulo 4.2.1, concluímos que para esta alternativa teriam que ser movimentados 138 equipamentos.

Nestes custos não estão contempladas as transferências para o módulo F1 nem as transferências de linhas de montagem entre os módulos, porque não foi possível recolher os dados suficientes para quantificar estes custos. Apenas estão contempladas as transferências para o novo edifício. Para estimar o custo de movimentações, avaliou-se a relação de cada equipamento a ser transportado com necessidade de mão de obra especializada, necessidade de manutenções e necessidade de aluguer de equipamentos que suportam a transferência. Na Tabela 62 está demonstrada esta relação.

Tabela 62 - Recursos necessários para a transferência de equipamentos

Tipo de equipamento	Nº de equipamentos a transferir	Duração transferência (Horas)	Mão de obra necessária (und)
Máquinas de injeção	22	40	10
Linhas de <i>Suspension Mat</i>	11	8	5
Equipamentos de corte e conformação de arame	33	4	5
Equipamentos de tratamento térmico	2	8	5
Extrusoras	3	16	5
Armazéns	-	40	3

De notar que para o custo de mão de obra especializada foi considerado um valor de 20 unidade de custo/hora, sendo 8 o número de horas máximo por dia. Para o custo de aluguer de equipamentos, foi considerado um custo de 30 unidade de custo/hora, e por cada manutenção com intervenção de um fornecedor externo estimou-se um valor de 250 unidade de custo/manutenção. Para além dos custos de transferências de equipamentos, também foram considerados os custos da transferência das áreas de armazém. Os custos estão apresentados na Tabela 63.

Tabela 63 - Custos associados à transferência de equipamentos

Tipo de equipamento	Custo mão de obra	Custo de aluguer equipamento	Custo manutenção
Máquinas de injeção	17 600	10 560	5 500
Linhas de <i>Suspension Mat</i>	-	1 320	-
Equipamentos de corte e conformação de arame	-	1 980	-
Equipamentos de tratamento térmico	-	360	-
Extrusoras	-	1 440	-
Armazéns	2 400	0	-
Total	20 000	15 660	5 500

Perante estes dados, conclui-se que o investimento associado à transferência dos equipamentos foi de cerca 41 160 unidades de custo.

5.3.3 Aluguer de edifícios

Com as alterações do *layout* industrial da Fico Cables, foram encerrados alguns armazéns e instalados outros, sendo importante analisar o impacto económico nas rendas dos edifícios com as alterações realizadas. A Tabela 64 representa os valores do antes e do depois. De notar que não foram avaliadas todas as rendas, somente as dos edifícios implicados com estas alterações.

Tabela 64 - Custos associados às rendas dos edifícios

Edifício	Renda Atual (unidade custo/ mês)	Renda Futura (unidade custo/ mês)
Módulo F1	5 700	-
Novo Edifício	-	27 200
Armazém externo 1	1 800	-
Armazéns externo 2	1 200	-
Armazéns externo 3	1 000	1 000
Total	9 700	28 200

Com as alterações propostas, as rendas passariam a ser de 28 200 unidades de custo, pois o valor de aluguer do novo edifício tem um impacto significativo, mas ao mesmo tempo, com a redução do número de espaços de armazenamento, houve uma redução da renda mensal de 8700 unidades de custo, pois reduziram-se dois armazéns externos e o armazém do módulo F1.

5.3.4 Fluxo de material

O *layout* atual e o proposto foram desenvolvidos de modo a analisar as possíveis otimizações de fluxo que poderiam surgir com a implantação da nova nave fabril, e reestruturação das áreas existentes. Perante os estudos efetuados nos capítulos 3.4 e 4.2.1, com os dados obtidos é possível avaliar o impacto económico relativamente aos fluxos de material.

A nível de distâncias percorridas, é difícil avaliar os custos que estas terão para a empresa e quais os possíveis ganhos com esta redução.

No entanto, como as distâncias reduziram, avaliou-se o impacto do número de equipamentos de transporte a utilizar e a alteração da tipologia dos mesmos. Atualmente, todos os equipamentos são alugados a um fornecedor externo. Como tal, esta avaliação apresenta um impacto económico favorável à empresa. Esta redução de distâncias também impacta o número de mão de obra especializada necessário, isto é, com a redução das distâncias a percorrer é possível otimizar o número de mão de obra necessária, pois cada encarregado poderá realizar mais transportes de material.

As Tabela 65 e Tabela 66 demonstram a análise económica resultante da reestruturação do número de equipamentos e mão de obra. Os ganhos obtidos estão apresentados na Tabela 67

Tabela 65 - Custos associados ao fluxo de material para o *layout* atual

Módulo/ Armazém	Mão de Obra Necessária	Custo Pessoa/ Mês (Unid. conta/mês)	Nº Equipamentos	Custo Equipamento /Mês (Unid. conta/mês)	Total (Unid. conta/mês)
F1	2	2 400	3	500	2 900
F2	1	1 200	1	0	1 200
F3	1	1 200	1	0	1 200
F4	2	2 400	2	400	2 800
F5	1	1 200	1	0	1 200
WH4	2	2 400	2	300	2 700
WH1	8	9 600	8	2 000	11 600
WH2	5	6 000	6	1 400	7 400
WH3	2	2 400	2	500	2 900
WH5	3	3 600	2	500	4 100
Camião	1	1 200	1	2 000	3 200
Totais	28	33 600	29	7 600	41 200

Tabela 66 - Custos associados aos fluxos de material para o *layout* selecionado

Módulo/ Armazém	Mão de Obra Necessária	Custo Pessoa/ Mês (Unid. conta/mês)	Nº Equipamentos	Custo Equipamento /Mês (Unid. conta/mês)	Total (Uni conta/mês)
F1	2	2 400	3	500	2 900
F2	1	1 200	1	0	1 200
F3	1	1 200	1	0	1 200
F4	2	2 400	2	400	2 800
F5	1	1 200	1	200	1 400
WH1	4	4 800	5	1 400	6 200
WH2	4	4 800	6	1 400	6 200
WH3	1	1 200	1	300	1 500
WH4	1	1 200	1	300	1 500
WH5	2	2 400	1	600	3 000
WH6	1	1 200	1	300	1 500
WH7	0	0	1	300	300
Camião	1	1 200	1	500	1 700
Totais	21	25 200	25	6 200	29 400

Tabela 67 - Resumo dos ganhos do fluxo de material

	Mão de Obra Necessária	Custo Pessoa/ Mês (Unid. conta/mês)	Nº Equipamentos	Custo Equipamento /Mês (Unid. conta/mês)	Total (Unid. conta/mês)
Layout atual	28	33 600	29	7 600	41 200
Layout futuro	21	25 200	25	6 200	31 400
Ganhos	7	8 400	4	1 400	9 800

Em suma, analisando os dados obtidos, reduziram-se os custos de movimentação de material em cerca de 23%, correspondendo a um valor de ganho de 117 600 unidade custo/ano.

CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES

6.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS




6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS


6.1 CONCLUSÕES

A necessidade de investimento numa nova unidade fabril implica um estudo da estratégia a adotar perante as necessidades da empresa.

Este estudo enquadra-se na necessidade de desenvolvimento de soluções que permitam a empresa de acolhimento aumentar a sua produtividade com a aquisição de novos projetos, que implicam à aquisição de novos equipamentos. O presente trabalho retrata o desenvolvimento de soluções estratégicas perante a implantação de uma nova unidade fabril. Inicialmente definiram-se os objetivos deste projeto e a Tabela 68 representa o seu cumprimento ou incumprimento.

Tabela 68 - Análise ao cumprimento dos objetivos propostos para o projeto

Objetivo	Ações tomadas	Avaliação
Caracterização das áreas fabris atuais	A avaliação dos produtos fabricados bem como os processos de fabrico associados à produção dos mesmo permitiu conhecer quais as dependências existentes entre os módulos, analisando assim os fluxos de material existentes. Atualmente são percorridos por dia 41150 m para transporte de material entre as áreas de fabrico correspondendo a um total de 437 viagens.	
Elaboração de alternativas de <i>layout</i> para a nova unidade fabril e seleção da melhor alternativa	Foram desenvolvidas várias propostas para a reestruturação do <i>layout</i> industrial agregando a nova nave fabril. Para a seleção da solução ótima seguiram-se duas metodologias, SLP para elaborar várias alternativas e AHP para suportar a decisão tomada. Foram analisadas três alternativas possíveis de acordo com os critérios definidos e selecionou-se a opção mais favorável, com uma avaliação de 64%. Esta alternativa com um total de 33180 m para o transporte de material por dia, refletido em 537 viagens.	
Transferência dos equipamentos	O plano de transferências não foi analisado ao pormenor durante na dissertação, na medida em que este plano foi alterado inúmeras vezes de acordo com as necessidades da empresa e imprevistos associados aos equipamentos e recursos necessários.	

Objetivo	Ações tomadas	Avaliação
Avaliação do impacto económico das alterações propostas	<p>A implantação da nova unidade fabril implicou a análise económica deste investimento. Como tal, analisaram-se os custos de investimento, em que o valor estimado teve uma redução de 10% em relação ao valor real, os custos de transferência de equipamentos, considerando o número de equipamentos e recursos necessários, que corresponderam a 41 160 unidades de custo. Analisou-se o impacto das rendas dos edifícios, que com a entrada da nova nave tornaram-se superiores ao valor atual, contudo, reduziram-se três edifícios, conseguindo assim reduzir o valor total da renda. Por fim avaliou-se o impacto dos fluxos de material perante o cenário atual e a alternativa proposta, que apresenta uma redução em 77% em transporte de material em relação à situação atual.</p> <p>Em suma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluguer de edifícios: Atual 9700 und custo/mês // Futuro: 28200 und custo/mês; • Compensação: Renda de edifícios que deixam de existir: 8700 und custo/mês; Ganhos de fluxos: 9800 und custo; Ganhos de eficiência: não foram calculados devido a falta de dados. 	

Após a implantação do novo edifício, não foram realizados estudos sobre a sua eficiência e ao impacto dos fluxos de material, na medida em que, como as transferências dos equipamentos para a nova unidade terminaram apenas no final do ano 2019, ainda não existem dados suficientes para retirar conclusões.

A utilização das ferramentas SLP e AHP permitiu a estruturação de várias alternativas de *layout*, considerando todos os pressupostos apresentados pela empresa, tornando assim o estudo sintetizado, facilitando assim a seleção de uma alternativa que se enquadra na estratégia definida pela administração, otimização de fluxos e conseqüentemente o aumento da produtividade.

Importa de salientar que o trabalho realizado permitiu à empresa uma reestruturação das áreas produtivas, agregando uma nova unidade fabril, definida como uma unidade autónoma, permitindo assim uma otimização de fluxos entre os diferentes módulos.

6.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

As propostas de trabalho futuro resultam do seguimento do projeto desenvolvido, ou seja, reorganização dos *layouts* dos restantes módulos a serem transferidos perante a solução de layout selecionada.

No presente trabalho definiu-se a transferência do módulo F1 para o sector 1, e perante esta decisão é necessário estudar quais os equipamentos a movimentar e definir o local a colocá-los de modo a otimizar os fluxos internos do módulo.

O mesmo acontece para os restantes módulos, F2 e F3. Estes módulos atualmente apresentam um *layout* pouco favorável aos fluxos internos de material e seguindo o princípio da estratégia definida pela empresa é necessário a reestruturação dos mesmos.

Para estes *layouts* já foram estudados possíveis hipóteses, ver anexos 8.5 ,8.6 e 8.7.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

7 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Abdi, F., Shavarini, S. K., Seyed M. S. (2006) Glean Lean: How To Use Lean Approach In Service Industries? *Journal of Services Research*, 6, 191-206.

ACAP (2020). Associação Automóvel de Portugal. Obtido em Fevereiro de 2020, de ACAP: <https://www.acap.pt/pt//noticia/230/acap-analisa-2019-e-avanca-com-cinco-propostas-para-o-governo>

ACEA, E. A. (2019). Obtido de ACEA, *The Automobile Industry Pocket Guide* Association: https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Pocket_Guide_2019-2020.pdf

ACEA, E. A. (22 de Setembro de 2018). Obtido de ACEA, *European Automobile Manufacturers Association*: <https://www.acea.be/news/article/fact-sheet-brexit-and-the-auto-industry>

AFIA. (2016). AFIA -Auto Components. Obtido em 18 de novembro de 2018, de AFIA: <http://www.afia.pt/images/stories/201310220059pt.pdf>

AICEP. (Maio de 2016). Indústria Automóvel e Componentes. Portugalglobal. Obtido em 4 de Novembro de 2018, de Associação Automóvel de Portugal: <http://www.revista.portugalglobal.pt/AICEP/PortugalGlobal/Revista87/?page=2>

Araújo W., Silva F.J.G., Campilho R. *Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept*. *Int J Adv Manuf Tech* 2017; 90(5-8):1539-45. doi: 10.1007/s00170-016-9475-6.

Barnwal S and Dharmadhikari P2016 Optimization of Plant Layout Using SLP Method. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*5(3), 3008-15.

Calais, J.(2012). *Layout como fator determinante na eficiência do processo produtivo da indústria*. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia e Gestão Industrial, Universidade da Beira Interior.

Correia D., Silva F.J.G., Gouveia, R. M., Pereira, T., Ferreira, L.P.(2018), *Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools*, *Procedia Manufacturing*, Vol 17, 663-671.

Cruz, N. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

- Cui, J., Allan, A., & Lin, D. (2019). SWOT analysis and development strategies for underground pedestrian systems. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 87(January 2018), 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.12.023>
- Dias, E. (2015). *Modelo de apoio à decisão multicritério para seleção de fornecedores de azeite*. Tese de mestrado, Departamento de Economia e Gestão, Faculdade de Economia do Porto.
- Dieguez T., L. Corcettia, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira (2020). *How can technology on the automotive industry save the future? Procedia Manufacturing, (aceite para publicação), In Press.*
- Favretto, J. & Nottar, L. (2016). Utilização da metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) na definição de um software acadêmico para uma Instituição de Ensino Superior do Oeste Catarinense. *Sistemas & Gestão*. 11. 183. 10.20985/1980-5160.2016.v11n2.881.
- Ferreira, A. (2018). *Integração e melhoria de processos na vulcanização de pneus*. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Ferreira, C., J. C. Sá, L. P. Ferreira, Lopes, M. P., Pereira, T., L. P. Ferreira, F. J. G Silva, (2019). iLeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*. 41. 1095-1102. 10.1016/j.promfg.2019.10.038.
- Francis, R. L.; White, J. A., (1974). *Facility Layout and Location – An Analytical Approach*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Francis, R. L.; McGinnis Jr., L. F.; White, J. A. (1992). *Facility Layout and Location –An Analytical Approach*. 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Freitas, A., Pinto Ferreira, Luís & Sá, José & Pereira, Maria & Portugal Pereira, Joana. (2019). Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case study. *Procedia Manufacturing*. 38. 1074-1084. 10.1016/j.promfg.2020.01.195
- Goecks, L. Mareth, T., Ribas Moraes, J. (2018). *Systematic Layout Planning (SLP) e Analytic Hierarchy Process (AHP) para o planeamento do layout: estudo de caso em uma empresa de embalagens flexíveis*
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems*, edição 4. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0470-467002.
- Hill, A. V., (2012) *The Encyclopedia of Operations Management*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Kerns F.(1999). *Strategic Facility Planning (SFP)*. *Work Study*, v. 48, p. 176-181,

- Lukic, Radojko (2012) The Effects of Application of Lean Concept in Retail. *Economia Seria Management*, 15 (1), 88-98.
- Mahajan, M., Chistopher, K. B., Harshan, & Shiva, P. H. C. (2019). Implementation of Lean techniques for Sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit. *Procedia Manufacturing*, 35, 1196–1204. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.077>
- Martins N., Silva, F. J. G., Campilho, R. & Ferreira, L. P., (2019). *A novel concept of Bowden cables flexible and full-automated manufacturing process improving quality and productivity, Procedia Manufacturing, (aceite para publicação), In Press.*
- Mathivathanan, D., Kannan, D., & Haq, A. N. (2018). Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 284–305. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.003>
- Mendes, H. (2013). Tese de mestrado - *Inovação no setor de componentes para a indústria automóvel*. Setúbal: Departamento de Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Setúbal.
- Moreira B.M.D.N., Gouveia RM, Silva F.J.G., Campilho R.D.S.G. (2017). A Novel Concept Of Production And Assembly Processes Integration. *Procedia Manuf* 2017;11:1385-95. doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.268.
- Muther, R. e Hales, L., 2015. *Systematic Layout Planning*. Management & Industrial Research Publications, Marietta, GA,USA.
- OICA - International Organization of Motor Vehicles Manufacturers, 2018 Production Statistics, URL: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2018-statistics/>. Accessed on 7th of November, 2019.
- Ojaghi, Y. (2015). *Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry*. Malásia: 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing.
- Ohno,T. “Toyota Production System: Beyond Large-scale Production”. Portland, Or: Productivity Press, 1988.
- Pool, A., Wijngaard, J., Van der Zee, D. “Lean planning in the semi-process Industry, a case study”. Department of Operations, University of Groningen, P.O. Box 517, 9700 AV Groningen, The Netherlands, Abril 2010.
- Rodrigues, Jorge & Sá, José & Pinto Ferreira, Luís & Silva, Francisco & Santos, Gilberto. (2019). Lean Management "Quick-Wins": Results of Implementation. A Case Study. *Quality Innovation Prosperity*. 23. 3-21. 10.12776/QIP.V23I3.1291
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017 (a)). SMED methodology: reduction of setup for Steel Wire-Rope assembly lines in Conference the automotive industry Wire-Rope assembly lines in the automotive industry Costing models for capacity optimiza. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>

- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P. (2017(b)). Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L.P., & Sá J.C. Lean manufacturing applied to the production and assembly lines of complex automotive parts. In: *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, Silva FJG, Ferreira LP (Eds), Nova Science Publishers, New York, U.S.A., 2020, pp. 189-224. ISBN: 978-1-53615-725-3.
- Ribeiro, R., Silva, F.J.G., Pinto, A.G., Campilho, R.D.S.G., Pinto, H.A.(2019). *Designing a Novel System for the Introduction of Lubricant in Control Cables for the Automotive Industry*. *Procedia Manuf* 2019:38:715-25. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.096.
- Santos, L. C. (2012). *Planejamento Sistemático de Layout: adaptação e aplicação em operações de serviços*. *Revista Gestão Industrial*.
- Santos P.R., Silva F. J. G, Campilho R.D.S.G., Pinto G.F.L., Baptista A. (2019). A novel concept of a conduit transport system, *Procedia Manuf* 2019:38:848-57. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.166.
- Santos, F. (2008). *Análise de investimentos em AMT (Advanced Manufacturing Technology): Uso de um modelo multicriterial - AHP (Analytic Hierarchy Process)*. Tese de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Silva F. J. G, Gouveia R. M. (2020) *Cleaner Production Definition and Evolution*. In: *Cleaner Production*. Springer, Cham.
- Silva, F. J. G., Swertvaegher, G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P. F., Sá, J. C. (2020). *Robotized solution for handling complex automotive parts in inspection and packing*, *Procedia Manufacturing*, (aceite para publicação), In Press.
- Sutari, O. e Sathish, R. U (2014), *Development of Plant Layout using Systematic Layout Planning (SLP) to maximize production - a case study*, *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, vol. 2, p. 3.
- Saaty TL. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill 1980.
- Saaty, T. L. (2008) *Decision making with the analytic hierarchy process*. *International journal of services sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98.
- Seddon, John, O'donovan, Brendan (2010) *Rethinking Lean Service*. *Management Services*, 54 (1), 34-37.
- Slack, N.(1997); *Flexibility of Manufacturing systems*. *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 7, no. 4, pp 35-45.
- Sousa E., Silva, F. J. G., Ferreira, L.P., Pereira T. M., Gouveia, R., R. P. Silva, R. P. (2018). *Applying SMED methodology in cork stoppers production*, *Procedia Manufacturing*, Vol.17, 611-622..

- Tak, C.S. eYadav, L., 2012a. Improvement in Layout Design using SLP of a small size manufacturing unit : A case study. IOSR Journal of Engineering(IOSRJEN), 2(10), pp.1–7.
- Tak, C.S. eYadav, L.,2012b. Improvement in Layout Design using SLP of a small size manufacturing unit : A case study. IOSR Journal of Engineering, 2(10), pp.1–7.
- Teles, C. (2017). Otimização de Layouts e Fluxos Produtivos. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Thompkins J. A. et al. (2010). Facilities Planning, edição 4. Massachusetts: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0470444047.
- Tortella, G. (2008). *Systematic layout planning aided by multicriteria decision analysis*. Scielo analytics Produção, vol. 18 n.3, p609-624
- Vargas, R. (2010). *Utilizando a programação multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio*. In: PMI Global Congress.
- Womack, James P., JONES, Daniel T. (1994) From Lean Production to the Lean Enterprise. *Harvard Business Review*, 72 (2), 93-103.
- Womack, James, JONES, Daniel (2003) *LEAN THINKING: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. 1ª ed. United Kingdom: Simon & Schuster.

ANEXOS

8.1 ALTERNATIVAS DE *LAYOUT* PARA O MÓDULO F6

8.2 GESTÃO VISUAL

8.3 CHECK LIST PARA TRANSFERÊNCIA DE EQUIPAMENTOS

8.4 CRONOGRAMA DE TRANSFERÊNCIAS

8.5 PROPOSTA DE *LAYOUT* PARA MÓDULO F1

8.6 PROPOSTA DE *LAYOUT* PARA MÓDULO F2

8.7 PROPOSTA DE *LAYOUT* PARA MÓDULO F3

8 ANEXOS

8.1 Alternativas de layout para o módulo F6

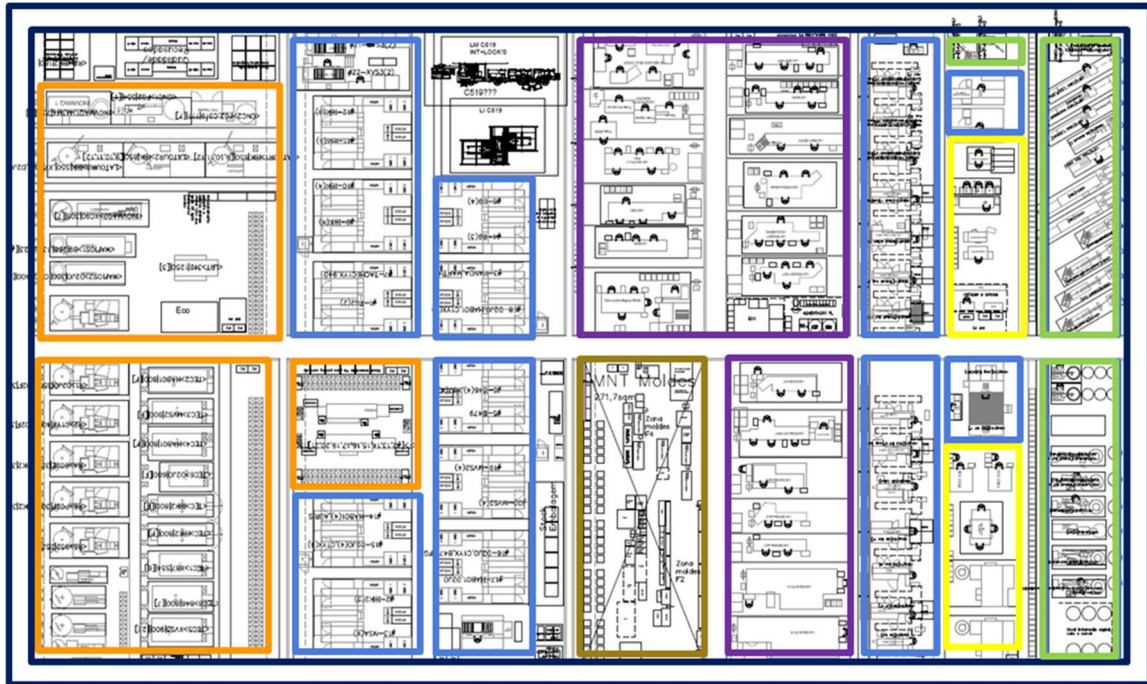


Figura 69 - Alternativa A para layout novo edifício

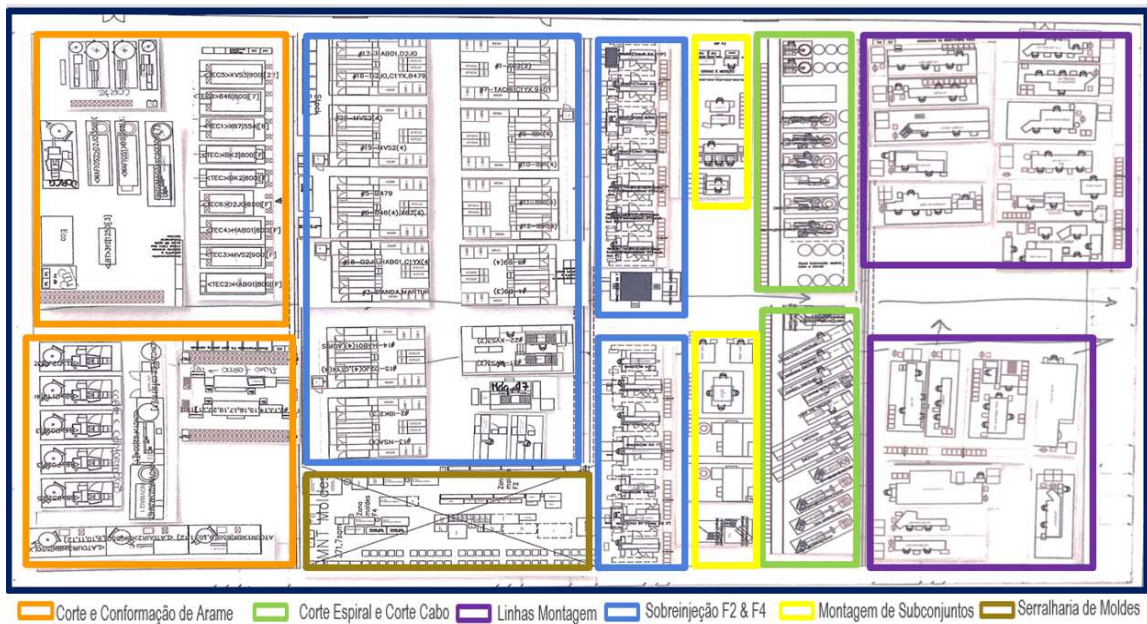


Figura 70- Alternativa B para layout novo edifício

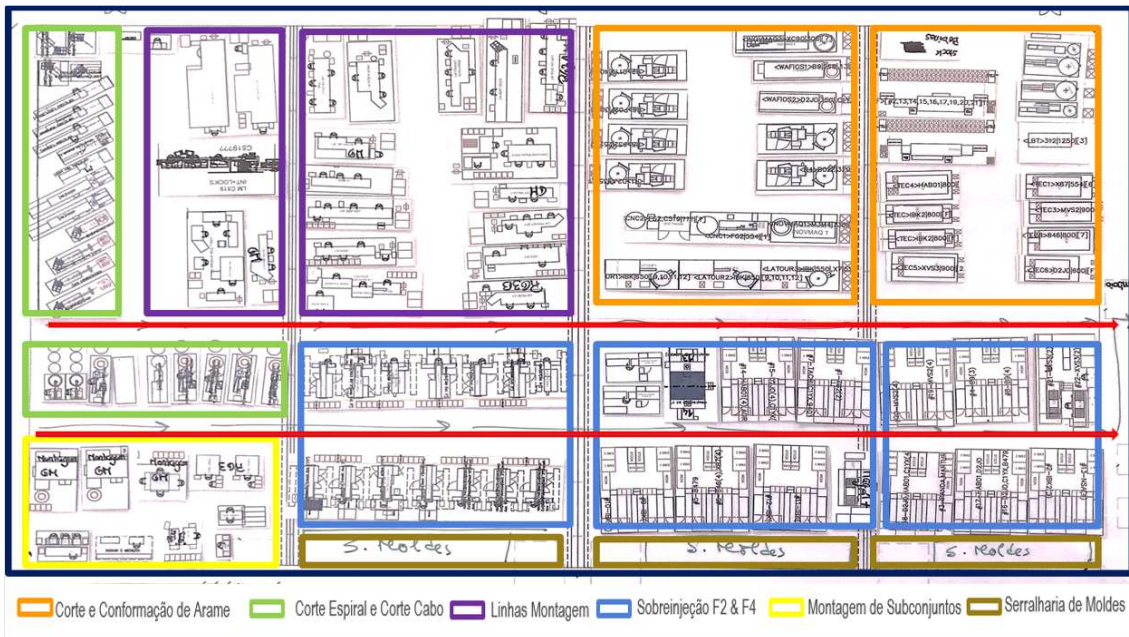


Figura 71 - Alternativa C para layout novo edifício

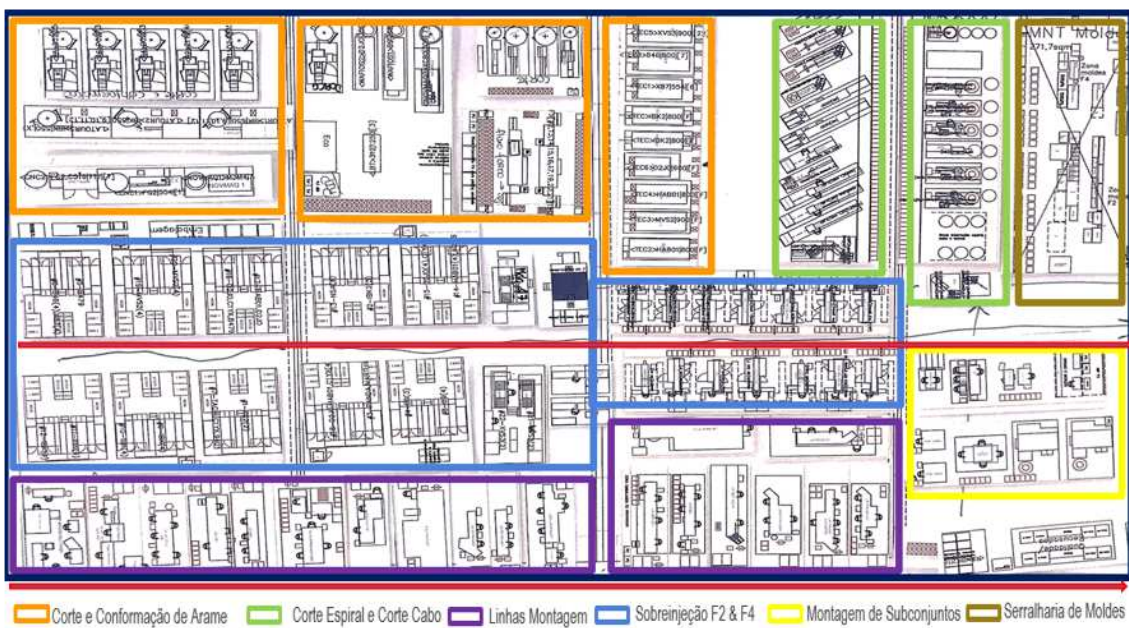


Figura 72 - Alternativa D para layout novo edifício

8.2 Gestão visual

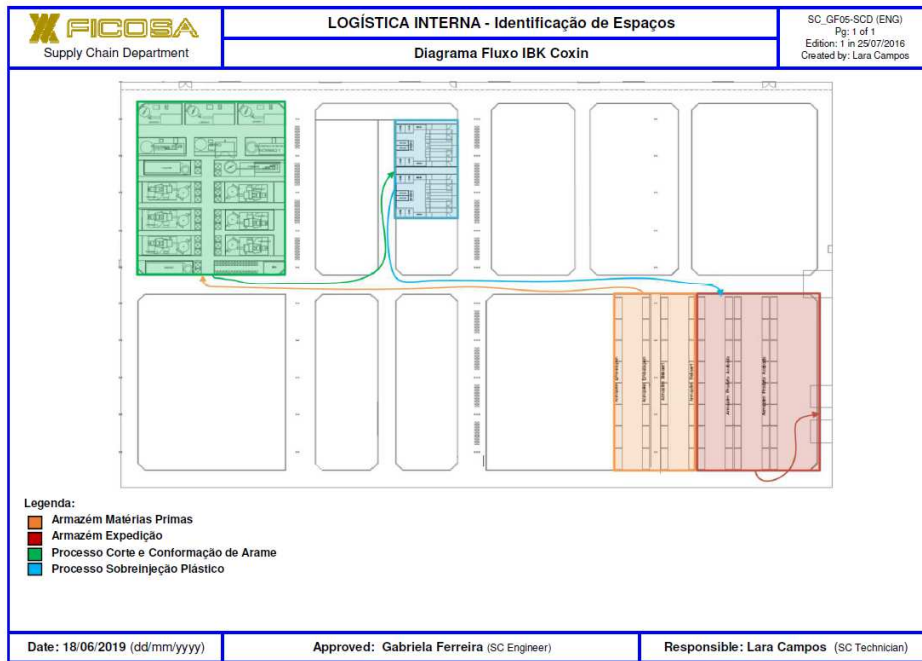


Figura 73 - Diagrama de fluxos aplicado a um projeto

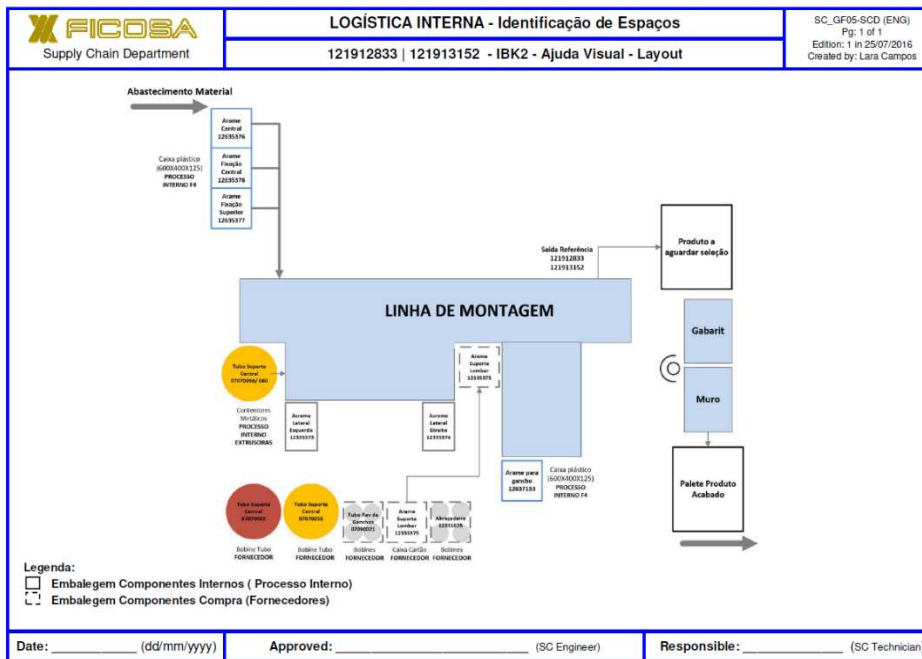


Figura 74 - Micro layout de linha com respetivos componentes

 LOGÍSTICA INTERNA - Definição de Embalagem Supply Chain Department		LOGÍSTICA INTERNA - Definição de Embalagem 121912833 IBK2 - Ajuda Visual - Componentes Compra		SC_GF05-SCD (ENG) Pg. 1 of 1 Edition: 1 in 25/07/2016 Created by: Lara Campos																																																	
	<table border="1"> <tr><td>Arame Suporte Lombar</td><td>12335375</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Caixa Cartão</td></tr> <tr><td>Fornecedor</td><td>Sinflex</td></tr> <tr><td>Dimensões Caixa</td><td>400 x 300 x 150</td></tr> <tr><td>Peso Peça (kg)</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>280</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>9</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 X Turno</td></tr> </table>	Arame Suporte Lombar	12335375	Tipo de embalagem	Caixa Cartão	Fornecedor	Sinflex	Dimensões Caixa	400 x 300 x 150	Peso Peça (kg)	0,04	Qtd/Embalagem	280	Nº de Embalagens	9	Freq. Abastecimento (H)	1 X Turno		<table border="1"> <tr><td>Tubo Suporte Central</td><td>7070056</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Bobine</td></tr> <tr><td>Fornecedor</td><td>PR Plásticos</td></tr> <tr><td>Dimensões Caixa</td><td>-</td></tr> <tr><td>Peso Peça (kg)</td><td>-</td></tr> <tr><td>Qtd/Bobine (m)</td><td>1000</td></tr> <tr><td>Nº de Bobines</td><td>1</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento</td><td>1 X Turno</td></tr> </table>	Tubo Suporte Central	7070056	Tipo de embalagem	Bobine	Fornecedor	PR Plásticos	Dimensões Caixa	-	Peso Peça (kg)	-	Qtd/Bobine (m)	1000	Nº de Bobines	1	Freq. Abastecimento	1 X Turno		<table border="1"> <tr><td>Abraçadeira</td><td>12831025</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Bobine</td></tr> <tr><td>Fornecedor</td><td>Legget & Platt</td></tr> <tr><td>Dimensões Caixa</td><td>-</td></tr> <tr><td>Peso Peça (kg)</td><td>-</td></tr> <tr><td>Qtd/Bobine (unidades)</td><td>-</td></tr> <tr><td>Nº de Bobines</td><td>3</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento</td><td>1 X Dia (3 turnos)</td></tr> </table>	Abraçadeira	12831025	Tipo de embalagem	Bobine	Fornecedor	Legget & Platt	Dimensões Caixa	-	Peso Peça (kg)	-	Qtd/Bobine (unidades)	-	Nº de Bobines	3	Freq. Abastecimento	1 X Dia (3 turnos)
Arame Suporte Lombar	12335375																																																				
Tipo de embalagem	Caixa Cartão																																																				
Fornecedor	Sinflex																																																				
Dimensões Caixa	400 x 300 x 150																																																				
Peso Peça (kg)	0,04																																																				
Qtd/Embalagem	280																																																				
Nº de Embalagens	9																																																				
Freq. Abastecimento (H)	1 X Turno																																																				
Tubo Suporte Central	7070056																																																				
Tipo de embalagem	Bobine																																																				
Fornecedor	PR Plásticos																																																				
Dimensões Caixa	-																																																				
Peso Peça (kg)	-																																																				
Qtd/Bobine (m)	1000																																																				
Nº de Bobines	1																																																				
Freq. Abastecimento	1 X Turno																																																				
Abraçadeira	12831025																																																				
Tipo de embalagem	Bobine																																																				
Fornecedor	Legget & Platt																																																				
Dimensões Caixa	-																																																				
Peso Peça (kg)	-																																																				
Qtd/Bobine (unidades)	-																																																				
Nº de Bobines	3																																																				
Freq. Abastecimento	1 X Dia (3 turnos)																																																				
	<table border="1"> <tr><td>Tubo Rev. Ganchos</td><td>7090021</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Bobine</td></tr> <tr><td>Fornecedor</td><td>PR Plásticos</td></tr> <tr><td>Dimensões Caixa</td><td>-</td></tr> <tr><td>Peso Peça (kg)</td><td>0,003969</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>600</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>4</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 X 2 em 2 Dias</td></tr> </table>	Tubo Rev. Ganchos	7090021	Tipo de embalagem	Bobine	Fornecedor	PR Plásticos	Dimensões Caixa	-	Peso Peça (kg)	0,003969	Qtd/Embalagem	600	Nº de Embalagens	4	Freq. Abastecimento (H)	1 X 2 em 2 Dias																																				
Tubo Rev. Ganchos	7090021																																																				
Tipo de embalagem	Bobine																																																				
Fornecedor	PR Plásticos																																																				
Dimensões Caixa	-																																																				
Peso Peça (kg)	0,003969																																																				
Qtd/Embalagem	600																																																				
Nº de Embalagens	4																																																				
Freq. Abastecimento (H)	1 X 2 em 2 Dias																																																				
Date: _____ (dd/mm/yyyy)		Approved: _____ (SC Engineer)		Responsible: _____ (SC Technician)																																																	

Figura 75 - Ajuda visual componentes de compra







 LOGÍSTICA INTERNA - Definição de Embalagem Supply Chain Department		LOGÍSTICA INTERNA - Definição de Embalagem 121912833 IBK2 - Ajuda Visual - Componentes Intermédios		SC_GF05-SCD (ENG) Pg. 1 of 1 Edition: 1 in 25/07/2016 Created by: Lara Campos																																					
	<table border="1"> <tr><td>Arame Lateral Esquerdo</td><td>12335373</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Contentor metálico</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>1</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>3000</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 X Turno</td></tr> <tr><td>Movimentação Manual</td><td>NOK</td></tr> </table>	Arame Lateral Esquerdo	12335373	Tipo de embalagem	Contentor metálico	Nº de Embalagens	1	Qtd/Embalagem	3000	Freq. Abastecimento (H)	1 X Turno	Movimentação Manual	NOK		<table border="1"> <tr><td>Arame Lateral Direito</td><td>12335374</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Contentor metálico</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>1</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>3000</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 X Turno</td></tr> <tr><td>Movimentação Manual</td><td>NOK</td></tr> </table>	Arame Lateral Direito	12335374	Tipo de embalagem	Contentor metálico	Nº de Embalagens	1	Qtd/Embalagem	3000	Freq. Abastecimento (H)	1 X Turno	Movimentação Manual	NOK		<table border="1"> <tr><td>Arame Central</td><td>12835378</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Caixa Plástica</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>7</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>1500</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 x Turno</td></tr> <tr><td>Movimentação Manual</td><td>NOK</td></tr> </table>	Arame Central	12835378	Tipo de embalagem	Caixa Plástica	Nº de Embalagens	7	Qtd/Embalagem	1500	Freq. Abastecimento (H)	1 x Turno	Movimentação Manual	NOK
Arame Lateral Esquerdo	12335373																																								
Tipo de embalagem	Contentor metálico																																								
Nº de Embalagens	1																																								
Qtd/Embalagem	3000																																								
Freq. Abastecimento (H)	1 X Turno																																								
Movimentação Manual	NOK																																								
Arame Lateral Direito	12335374																																								
Tipo de embalagem	Contentor metálico																																								
Nº de Embalagens	1																																								
Qtd/Embalagem	3000																																								
Freq. Abastecimento (H)	1 X Turno																																								
Movimentação Manual	NOK																																								
Arame Central	12835378																																								
Tipo de embalagem	Caixa Plástica																																								
Nº de Embalagens	7																																								
Qtd/Embalagem	1500																																								
Freq. Abastecimento (H)	1 x Turno																																								
Movimentação Manual	NOK																																								
	<table border="1"> <tr><td>Arame Fixação superior</td><td>12635377</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Caixa Plástica</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>2</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>1500</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 x Turno</td></tr> <tr><td>Movimentação Manual</td><td>NOK</td></tr> </table>	Arame Fixação superior	12635377	Tipo de embalagem	Caixa Plástica	Nº de Embalagens	2	Qtd/Embalagem	1500	Freq. Abastecimento (H)	1 x Turno	Movimentação Manual	NOK		<table border="1"> <tr><td>Arame Fixação Central</td><td>12635378</td></tr> <tr><td>Tipo de embalagem</td><td>Caixa Plástica</td></tr> <tr><td>Nº de Embalagens</td><td>2</td></tr> <tr><td>Qtd/Embalagem</td><td>1500</td></tr> <tr><td>Freq. Abastecimento (H)</td><td>1 x Turno</td></tr> <tr><td>Movimentação Manual</td><td>NOK</td></tr> </table>	Arame Fixação Central	12635378	Tipo de embalagem	Caixa Plástica	Nº de Embalagens	2	Qtd/Embalagem	1500	Freq. Abastecimento (H)	1 x Turno	Movimentação Manual	NOK														
Arame Fixação superior	12635377																																								
Tipo de embalagem	Caixa Plástica																																								
Nº de Embalagens	2																																								
Qtd/Embalagem	1500																																								
Freq. Abastecimento (H)	1 x Turno																																								
Movimentação Manual	NOK																																								
Arame Fixação Central	12635378																																								
Tipo de embalagem	Caixa Plástica																																								
Nº de Embalagens	2																																								
Qtd/Embalagem	1500																																								
Freq. Abastecimento (H)	1 x Turno																																								
Movimentação Manual	NOK																																								
Date: _____ (dd/mm/yyyy)		Approved: _____ (SC Engineer)		Responsible: _____ (SC Technician)																																					

Figura 76 - Ajuda visual componentes intermédios

8.3 Check List para transferência de equipamentos



 Check List - Transferência				
Transferência de Linhas Montagem e/ou Equipamentos*				
* Incluídos equipamentos auxiliares (EA) como forno, estantes, porta paletes/empilhador (e suas baterias), etc				
N.º	Tarefa	Resp.	Linha de montagem/equipamento	Equipamentos Auxiliares
1 Informação da necessidade de transferência linhas				
1.1	O responsável (Receptor) da transferência deve enviar um email , mínimo 2 semanas antes da data desejada com ASSUNTO - Transferência de linhas / Equipamentos DESCRIÇÃO - Linha "A" transferir de "B" para "C" DATA - Dia e hora pretendida Para Resp.Logística Interna, Resp.Manutenção, Resp.garantia qualidade, Resp.Engenharia Processos, Responsável da área receptora, Resp.Ambiente e Segurança, Resp Metrologia; Controller.	Responsável da área que promove a transferência	15/11/2016	
2 Pré-requisitos para aprovação da transferência				
2.1	Auditoria de Processo com mínimo 90%	Qualidade		
2.2	Auditoria produto com demérito máximo de 1	Qualidade		
2.3	7 Básicos de Qualidade OK	Qualidade		
2.4	Meios de medida e ensaio no Módulo receptor	Qualidade		
2.5	Inventário geral ao centro de trabalho	Logística Interna		
2.6	Validação dos tempos de produção (PHH's)	Engenharia		
2.7	Verificação da existência de stock (a aconselhado 1 semana)	Responsável da área que promove a transferência		
2.8	Existência e cumprimento da Instrução de Segurança e Ambiente e avaliação do risco realizada para o novo local	AHST		
2.9	Existência da documentação da linha/equipamento (capa de linha, Fichas Posto, limite defeitos, ajudas visuais, instruções de trabalho)	Qualidade		
2.10	Assegurar formação à equipa a operar com a linha/equipamento na nova localização segundo plano de formação estabelecido e/ ou enviar nomes dos elementos a transferir	Responsável da área que promove a transferência		
2.10.1	Assegurar que os meios logísticos internos estão definidos para o novo fluxo	Logística Interna		
2.11	Aprovação transferência da linha (assinar esta Check List) e enviar à equipa	Responsável da área que recebe a linha/equipamento		
3 Requisição do serviço de transferência de linhas e/ou equipamentos				
3.1	O responsável (receptor) da transferência deve enviar um email , mínimo 2 dias antes da data desejada com ASSUNTO - Transferência de linhas / Equipamentos DESCRIÇÃO - Linha "A" transferir de "B" para "C" DATA - Dia e hora pretendida Para Resp.Logística, Resp.Manutenção, Resp. Ambiente e Segurança, Resp Metrologia	Responsável da área que promove a transferência		
4 Definição de recursos materiais e humanos para efectuar a transferência				
4.1	Os recursos humanos standard para uma transferência de linhas e/ou equipamentos são -2 elementos da Manutenção (Definir 1 deles como líder da movimentação) -1 elementos da Logística - condutor do camião -2 elementos da entidade que solicita a transferência -2 elementos da entidade que recebe a transferência	Resp. Manutenção Logística Interna Responsável promotor Responsável receptor		
4.2	Caso a equipa standard não seja suficiente, deverão ser disponibilizados os elementos necessários	Responsável promotor		
4.3	Requisitar ao Resp. Logística qual o meio de transporte necessário, via email no próprio dia.	Resp. Manutenção		
4.4	Caso os meios de transporte da Ficosa não sejam adequados, solicitar ao Dep. Compras os meios necessários no próprio dia.	Resp. Manutenção		
5 Preparação da linha/equipamento para movimentação				
5.1	Proceder à desmontagem dos equipamentos/linhas colocando as devidas protecções para transporte até a hora definida.	Resp. Manutenção		
5.2	Recolher todos os materiais da linha/equipamento a transferir e colocar em paletes para serem movimentados	Responsável da área que promove a transferência		
5.3	Colocar os materiais na zona definida para carga	Responsável da área que promove a transferência		
5.4	Modificação das rotas e dos centros de trabalho	Logística Interna		
5.5	Definição de meios a utilizar para a movimentação dos equipamentos (utilização de patins para transporte e cintas no caso de elevação; Caso necessário utilizar equipamentos auxiliares de transporte como empilhador, stacker, porta paletes ou camião grua)	Resp. Manutenção		
5.6	Posicionar a linha/equipamento da zona definida para a carga com as devidas precauções	Equipa		
5.7	Carregar a linha para o meio de transporte definido e os materiais	Equipa		
5.7	Descarregar a linha/equipamento no local definido e os materiais	Equipa		
5.8	Posicionar a linha/equipamento no novo local definido	Equipa		
5.9	Ligar a linha/equipamento no novo local definido no próprio dia (salvo data acordada com o responsável de produção do equipamento)	Resp. Manutenção		
APROVAÇÃO TRANSFERÊNCIA:				
Responsável da área que recebe linha/equipamento: _____ Data: ___/___/___				
N.º	Tarefa	Resp.	Linha de montagem/equipamento	Equipamentos Auxiliares
6 Recepção da linha/equipamento na nova localização				
6.1	Auditoria de Processo com mínimo 90%	Qualidade		
6.2	Auditoria produto com demérito máximo de 1	Qualidade		
6.3	7 Básicos de Qualidade OK	Qualidade		
6.4	Mudar Centro de consumo de todos os componentes da linha/equipamento.	Log. Interna		
6.5	Documentação	Equipa		
6.6	Auditoria AHST OK	AHST		
6.7	Verificação dos equipamentos de medição estão OK (Calibres, paquímetros, fitas, banco de ensaio, ...)	Metrologia		
6.8	Verificação e aprovação do sistema de logística interna definido (fluxo; contentores; kanban, etc)	Resp. que recebe a linha		
6.9	Verificação formação dos operadores no local e/ ou lista de nomes dos elementos transferidos	Resp. que recebe a linha		
VALIDAÇÃO TRANSFERÊNCIA:				
Qualidade: _____	Data: ___/___/___	ENG: _____	Data: ___/___/___	
Manutenção: _____	Data: ___/___/___	AHST: _____	Data: ___/___/___	
Produção: _____	Data: ___/___/___	Logística: _____	Data: ___/___/___	
Metrologia: _____	Data: ___/___/___			

Figura 77 – Check list transferência de equipamentos

8.4 Cronograma de transferências

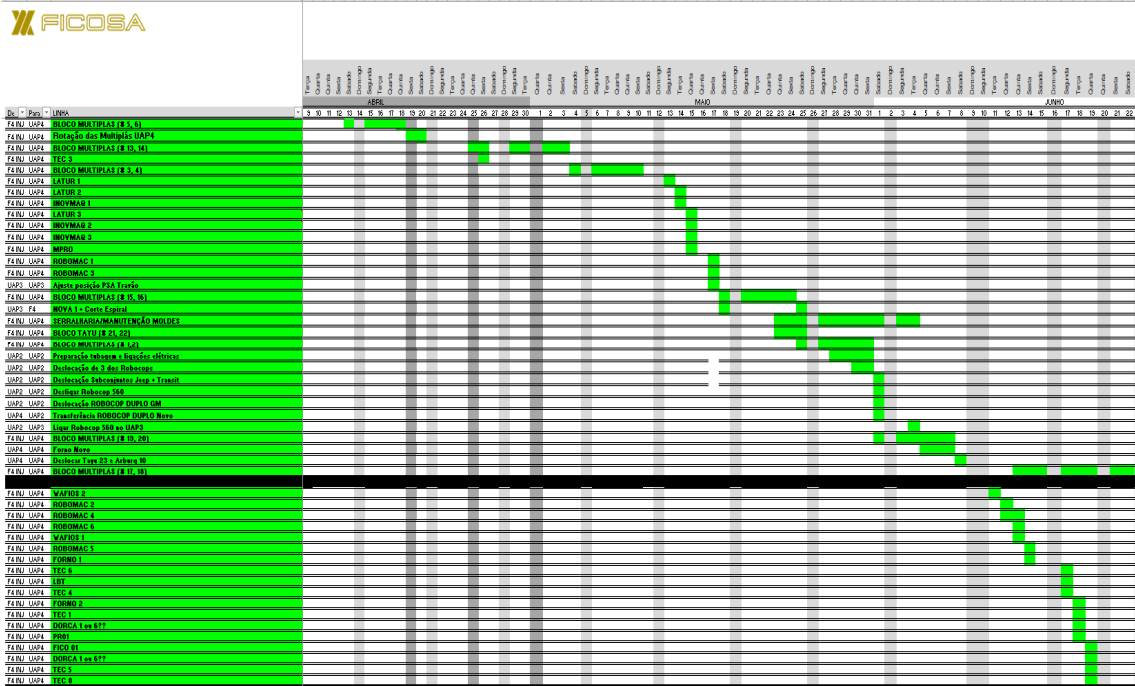


Figura 78 – Visão geral de parte do cronograma de transferências de equipamentos

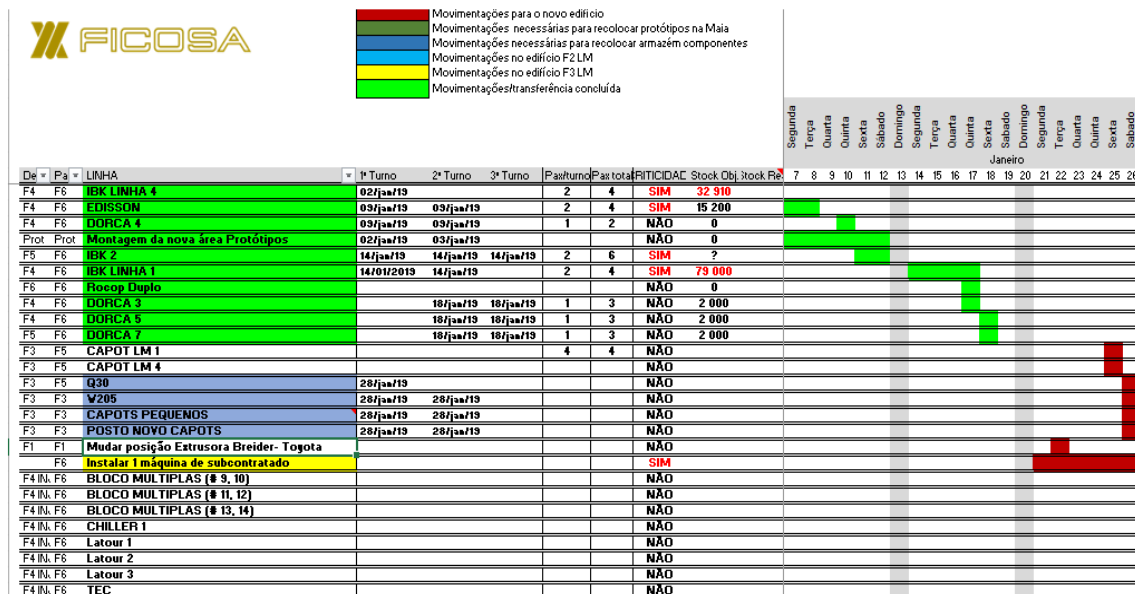


Figura 79 - Visão detalhada de parte do cronograma de transferências

8.5 Proposta de layout para módulo F1

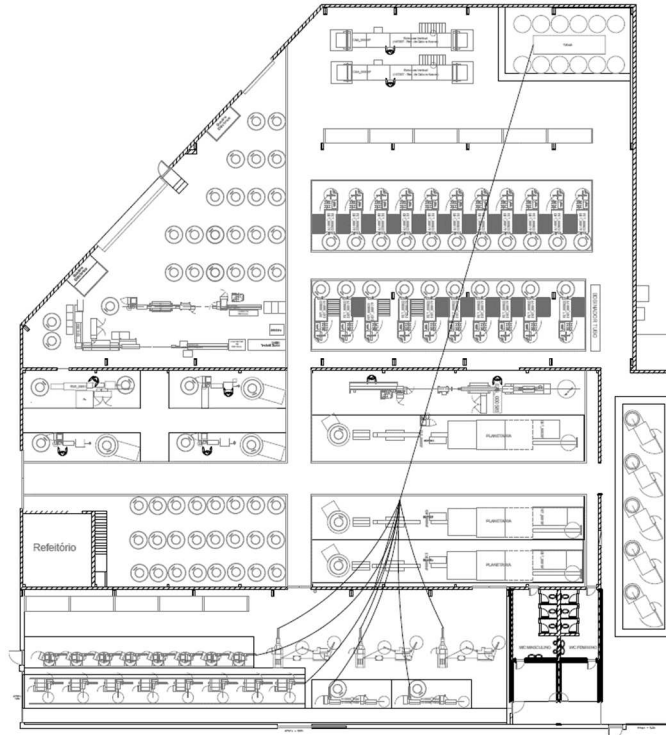


Figura 80 -Proposta de layout F1

8.6 Proposta de layout para módulo F2

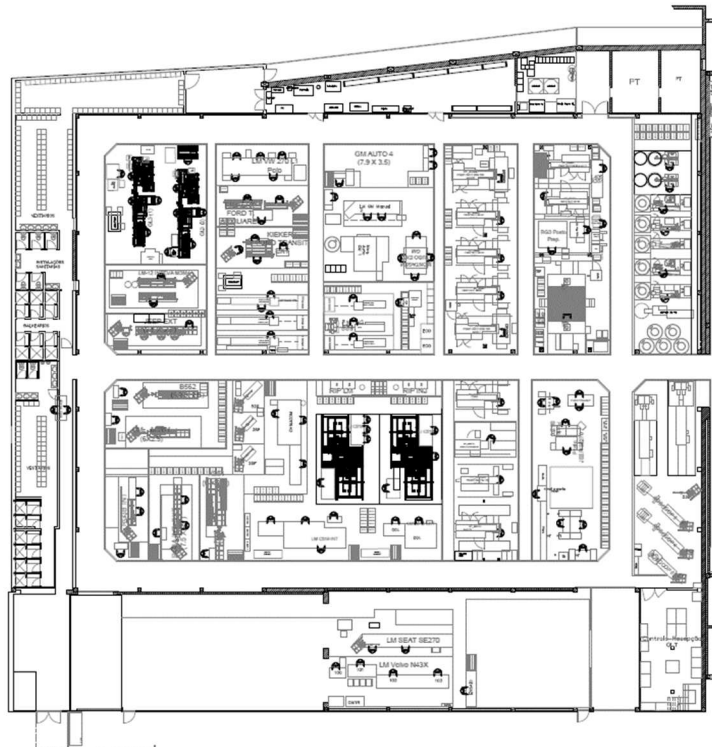


Figura 81 - Proposta de layout módulo F2

8.7 Proposta de layout para módulo F3

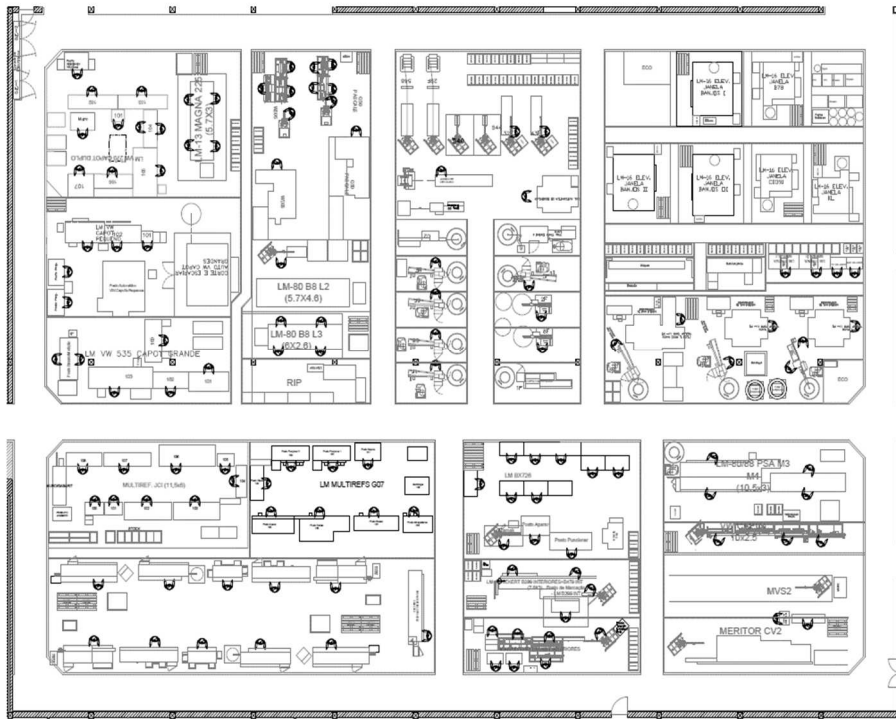


Figura 82 -Proposta de layout módulo F3