



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**OPTIMIZAÇÃO DE PROCESSO SEMIAUTOMÁTICO DE
FABRICO DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS**

Walter Fernando da Silva Araújo



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

OPTIMIZAÇÃO DE PROCESSO SEMIAUTOMÁTICO DE FABRICO DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS

Walter Fernando da Silva Araújo

1091029

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 da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP e Co-Orientado pelo Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

Júri

Presidente	Doutor Fernando José Ferreira Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Orientador	Doutor Francisco José Gomes da Silva Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Co-Orientador	Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Arguente/Vogal	Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira Professor Adjunto, Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão

Agradecimentos

Ao Doutor Francisco Silva não só pela sua orientação, mas também pela dedicação e apoio disponibilizados durante a realização deste trabalho, sem esquecer todos os conselhos e sugestões dadas que serviram de incentivo.

Ao Doutor Raul Campilho pelas suas contribuições na realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Mário Cardoso, um professor fora da faculdade, pela disponibilidade demonstrada e pela oportunidade de aprendizagem de outras metodologias de trabalho.

Finalmente gostaria de deixar um agradecimento a todos os colegas de faculdade que contribuíram, directamente ou indirectamente, para a concretização deste trabalho, com especial atenção ao colega Mário Costa, pelo apoio evidenciado durante todo o percurso académico.

Resumo

A competitividade no fabrico de componentes para a indústria automóvel é um factor-chave para o sucesso de qualquer empresa que queira permanecer neste sector de actividade. Atendendo a que o custo de mão-de-obra tem tendência a subir, e que a qualidade é muito mais difícil de assegurar quando os processos assentam essencialmente em produção manual, a automatização ganha cada vez maior relevo, permitindo uma maior produtividade e repetibilidade, assegurando simultaneamente níveis de qualidade superiores, o que contribui também para um incremento da produtividade ainda mais acentuado.

Em Portugal, muitas empresas que trabalham para o sector automóvel já apostam fortemente na automatização de processos, e até na robotização. Esta é a única via para melhorar a competitividade e conseguir concorrer com países onde a mão-de-obra é bastante mais económica, ou com outros onde a automação está fortemente instalada.

Este trabalho centrou-se na optimização de um equipamento destinado ao fabrico semiautomático de estruturas de assentamento dos estofos para automóveis. O equipamento original estava já fortemente automatizado, mas necessitava ainda de algumas operações manuais, as quais se resumiam a pouco mais do que transferência e agrupamento de subconjuntos. O trabalho teve que ter em conta todas as limitações impostas pelos sistemas já existentes, e ser realizável com o custo mais económico possível. Depois de vários estudos e propostas, o projecto foi implementado.

Palavras-chave

Indústria automóvel, estruturas para estofos de automóvel, automatização, manipuladores automáticos, engenharia mecânica, projecto mecânico.

Abstract

Competitiveness in the manufacture of components for the automotive industry is a key factor for the success of any company that wants to stay in this kind of industry. Since the labor cost tends to rise and quality is much harder to ensure when processes are based essentially on human labour production, automation increasingly wins relief, allowing greater productivity and repeatability, ensuring superior quality levels, which also contributes to an even more accentuated increase in productivity.

In Portugal, many companies that work for the automotive sector already heavily rely in the automation of processes, and even on robotized production. This is the only way to improve competitiveness and to compete with countries where labour is clearly cheaper, or with others where automation is strongly installed.

This work was focused on the optimisation of equipment used in the manufacture of semi-automatic seat nesting structures for vehicles. The original equipment was already heavily automated, but still needed some manual operations, which were a little more than transfer and clustering of subsets. The work had to take into account all the limitations imposed by the existing systems, and be accomplished with the lowest possible cost. After several studies and proposals, the project was implemented.

Keywords

Automotive industry, structures for automotive seats, automation, automatic handlers/grippers, mechanical engineering, mechanical design.

Lista de Símbolos e Abreviaturas

a	Aceleração/desaceleração (arranque/travagem) do conjunto de transporte
CA	Corrente alternada
ACAP	Associação Automóvel de Portugal
B	Binário
CC	Corrente contínua
d	Diâmetro do furo interior
d_K	Diâmetro exterior da polia dentada
d_S	Diâmetro da polia intermédia
F_B	Força devido à aceleração e desaceleração do sistema
F_H	Força de elevação
F_R	Força de atrito entre os materiais
F_t	Força tangencial
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IMVP	<i>International Motor Vehicle Program</i>
INTELI	Inteligência em Inovação
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	Organização Internacional de Normalização
m	Massa total a ser deslocada
m_B	Massa da correia
m_L	Massa do conjunto de transporte
m_S	Massa da polia intermédia

m_{Sred}	Massa reduzida da polia intermédia
m_Z	Massa da polia dentada
m_{Zred}	Massa reduzida da polia dentada
n	Rotações por minuto
OEM	<i>Original Equipment Manufacturers</i>
OICA	Organização Internacional de Construtores Europeus
P	Potência
PE	Poliétileno
PP	Polipropileno
s_B	Distância de aceleração / desaceleração
s_V	Distância do percurso a velocidade constante
s_{ges}	Distância total percorrida
t_B	Tempo de aceleração / desaceleração
t_V	Tempo do percurso a velocidade constante
t_{ges}	Tempo total
TPU	Poliuretano Termoplástico
v	Velocidade constante durante percurso útil
w	Velocidade angular
δ	Deslocamento total
σ_{VM}	Tensão equivalente de <i>von Mises</i>

Índice de figuras

Figura 1 – Desenvolvimento da indústria de componentes – Unidades CKD; Renault; AutoEuropa (INTELI, 2005).....	7
Figura 2 – Complexidade no <i>design</i> , produção e negócio (Adaptado de ElMaraghy, et al., 2012).....	9
Figura 3 – Fluxo do processo de um projecto de engenharia, desde a identificação da necessidade até à especificação do produto (Adaptado de Ashby, 2010)	10
Figura 4 – As 3 estratégias do marketing (Brito, 1998).....	12
Figura 5 – Factores determinantes da competitividade das empresas (Adaptado de Porter, 1990).....	13
Figura 6 – Dimensões do valor do produto (Adaptado de Jocou, et al., 1992)	15
Figura 7 – Evolução da transferência de responsabilidades para os fornecedores por parte dos construtores (Felizardo, 2004).....	18
Figura 8 – Pressões sobre os fornecedores (Reis, 2001).....	19
Figura 9 – Sistemas de produção de acordo com a variedade de produtos e a quantidade produzida (Adaptado de Groover, 2000).	23
Figura 10 – Implantação em células de fabrico (Carvalho, 2008).	24
Figura 11 – Implantação em linha (Carvalho, 2008).	25
Figura 12 – Banco: Automóvel (a); Veículo pesado de passageiros (b); Veículo pesado (c); Motociclo (d) (Adaptado de Blair, et al., 2008).	26
Figura 13 – Banco da Saab desenhado para prevenir lesões na coluna cervical devido ao “efeito chicote” (Adaptado de Crolla, 2009).....	27
Figura 14 – Exemplo de um banco para um automóvel (Morello, et al., 2011).	28
Figura 15 – Composição de um banco (Morello, et al., 2011).	29
Figura 16 – Tipos de estruturas de suspensão encontradas em bancos (Morello, et al., 2011).....	31
Figura 17 – Estrutura de um banco: a) Peças estampadas ligadas; b) Componentes com secções diferentes c) Ligação de diferentes componentes; d) Peças de magnésio fundido; (Adaptado de Morello, et al., 2011).....	33
Figura 18 – Linha montagem e soldadura do novo Audi R8 (REUTERS).	40
Figura 19 – Tipos de automação relativamente à quantidade e à variedade de produtos (adaptado de Groover, 2000).....	41
Figura 20 – Robôs ABB na linha de produção automóvel do SUV Haval H6 (ABB).	44
Figura 21 – Componentes de um automóvel com dependência electrónica (Adaptado de Rizzoni, 2005).	46
Figura 22 – Sistema de orientação de engrenagens plásticas.	52
Figura 23 – Estratégia típica de migração de uma produção manual para uma produção automática integrada (Adaptado de Groover, 2000).	54

Figura 24 – Presença Global do Grupo FICOSA (www.ficosa.com)	56
Figura 25 – Volume de vendas da Fico Cables, Lda.	57
Figura 26 – Posição da FicoCables, Lda. na cadeia de abastecimento das OEM's.	58
Figura 27 – Localização da “Suspension Mat” num banco (BROSE).	59
Figura 28 – Representação do modelo <i>Lordose</i>	60
Figura 29 – Representação do modelo <i>Massage</i>	60
Figura 30 – Rolo dos agrafos de ligação.....	61
Figura 31 – Vista geral da linha IBK + Posto de espinha + Posto de arames verticais (Ver legenda da Figura 32).....	62
Figura 32 – Layout e fluxo do processo de montagem de uma SM (Layout actual).	63
Figura 33 – Posto dos arames verticais (Ver legenda na Figura 34).....	64
Figura 34 – Posto de arames verticais (Pormenores).	65
Figura 35 – Posto de espinha (Ver legenda na Figura 36).....	66
Figura 36 – Posto de espinha (Pormenores).....	67
Figura 37 – Espinha central após montagem no posto de espinha.	67
Figura 38 – Conjunto de transporte (Pormenor da garra).	68
Figura 39 – Conjunto de transporte (O conjunto de transporte é constituído por três manipuladores). ..	69
Figura 40 – Montagem intermédia da SM: Arames verticais + Espinha central.	70
Figura 41 – Pormenor do enrolamento dos arames horizontais nos arames verticais.....	70
Figura 42 – Posto de enrolamento.....	71
Figura 43 – SM após conformação no posto dos castelos.	72
Figura 44 – Posto dos castelos.....	72
Figura 45 – SM após operação de conformação dos ganchos.	73
Figura 46 – Posto dos ganchos.....	74
Figura 47 – Subconjunto do arame inferior.	75
Figura 48 – Montagem no posto dos agrafos.	75
Figura 49 – Posto dos agrafos.	76
Figura 50 – Preparação do embalamento das SM's.....	76
Figura 51 – Controlo de qualidade (Ajuda visual).....	77
Figura 52 – Conjunto de transporte actual.....	82
Figura 53 – Proposta para conjunto de transporte (Circulação no topo da linha).....	83
Figura 54 – Distribuição da carga na estrutura – a) Estrutura actual; b) Proposta.	83
Figura 55 – Proposta para o novo layout.	84
Figura 56 – Sentido de saída da espinha – a) Orientação actual; b) Orientação de acordo com a posição necessário para o posto de enrolamento.	85
Figura 57 – Posição do manipulador durante a introdução dos arames no tubo central.....	86
Figura 58 – Manipulador de espinha actual (Sistema de garras).....	87
Figura 59 – Esquema dos movimentos do manipulador de espinha.	87
Figura 60 – Manipulador de espinha – a) Actual; b) Topo.	88
Figura 61 – Posto de arames verticais (Distância "d").	89

Figura 62 – Análise da sequência de movimentos entre o posto dos arames verticais e o posto de enrolamento.	90
Figura 63 – Manipulador arames verticais (Opção 1).	91
Figura 64 – Manipulador arames verticais (Opção 2).	92
Figura 65 – Alimentador do subconjunto do arame inferior – a) Sistema modular; b) Sistema "passa / não passa".	93
Figura 66 – Sistema de alimentação do subconjunto do arame inferior (esquema de alimentação).	94
Figura 67 – Manipulador do subconjunto do arame inferior.	94
Figura 68 – Atravancamento do carregador - a) Posterior ao posto; b) Anterior ao posto.	95
Figura 69 – Estrutura para SM's no final do processo.	96
Figura 70 – Manipulador final.	97
Figura 71 – Novo layout e fluxo do processo.	99
Figura 72 – Conjunto de manipuladores implementado.	100
Figura 73 – Sistema de manipulação dos arames verticais (conceito "pick-and-place").	101
Figura 74 – Carregador desenvolvido para alocar o conjunto do arame inferior.	102
Figura 75 – Mesa de alimentação.	103
Figura 76 – Sistema de manipulação do conjunto do arame inferior com filosofia "pick-and-place"	104
Figura 77 – Estrutura de recolha das SM's (Comparar com Figura 69).	104
Figura 78 – Manipulador da montagem final da SM (M5).	105
Figura 79 – Componentes existentes e componentes em comum entre manipuladores.	106
Figura 80 – Estrutura de suporte do conjunto de transporte.	107
Figura 81 – Conjunto de transporte.	108
Figura 82 – Posição de cada manipulador na linha.	108
Figura 83 – Sistema de accionamento linear (Perneder, et al., 2012).	109
Figura 84 – Comportamento do conjunto de transporte durante o deslocamento (Perneder, et al., 2012).	110
Figura 85 – Fluxo de uma análise de um componente com recurso a um <i>software</i> baseado em elementos finitos (SOLIDWORKS).	117
Figura 86 – Aplicação das condições fronteira.	119
Figura 87 – Aplicação dos esforços.	119
Figura 88 – Modelo após criação da malha.	120
Figura 89 – Resultado do deslocamento total.	121
Figura 90 – Distribuição das tensões na estrutura (Tensão Equivalente de von Mises).	122
Figura 91 – Tempos estimados de cada operação e manipulação (proposta).	124
Figura 92 – Tempos de cada operação e manipulação (linha final).	126
Figura 93 – Aspecto geral da linha IBK efectivamente construída.	128
Figura 94 – Visão geral da linha implementada.	129
Figura 95 – Posição do posto de arames verticais na linha IBK.	129
Figura 96 – Sistema de manipulação dos arames verticais.	130
Figura 97 – Posto de espinha alterado.	130

Figura 98 – Conjunto de transporte em forma de asna.....	131
Figura 99 – Posto de agrafos (antigo posto com operador).....	132
Figura 100 – Manipulação do conjunto dos arames inferiores.	132
Figura 101 – Posto final da linha IBK.....	133

Índice de tabelas

Tabela 1 – Produção automóvel no mundo (Unidades); FONTE: OICA, 2014.....	5
Tabela 2 – Produção automóvel em Portugal (Unidades). FONTE: OICA, 2014.....	8
Tabela 3 – Comparação entre o modelo de mão-de-obra intensiva e capital intensivo.....	22
Tabela 4 – Tipos de actuadores mais utilizados em sistemas automáticos.....	48
Tabela 5 – Aparelhos de medida mais comuns usados na automação (Groover, 2000).....	49
Tabela 6 – Quadro resumo das operações durante a formação de uma SM.....	64
Tabela 7 – Quadro do registo das necessidades.....	79
Tabela 8 – Características da correia.....	113
Tabela 9 – Características da polia dentada.....	113
Tabela 10 – Características da polia intermédia.....	113
Tabela 11 – Características principais do motor seleccionado.....	116
Tabela 12 – Tempos estimados de cada operação e manipulação (proposta).....	125
Tabela 13 – Tempos de cada operação e manipulação (linha final).....	126

Índice

Lista de Símbolos e Abreviaturas	xiii
Índice de figuras	xv
Índice de tabelas.....	xix
Índice	xxi
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1. A indústria automóvel: Breve introdução	5
2.1.1. Particularidades da indústria automóvel.....	8
2.1.2. A indústria de componentes para o sector automóvel.....	16
2.1.3. Paradigmas da produção de peças e componentes para a área automóvel	21
2.2. Estruturas de estofos para automóveis	26
2.2.1. Componentes de uma estrutura de estofos para automóvel	29
2.2.2. Materiais e processos de fabrico ligados à fabricação deste tipo de produto.....	33
2.2.3. Qualidade e requisitos habituais destes sistemas	34
2.3. Automação ligada à indústria automóvel	36
2.3.1. Os sistemas apoiados na produção manual	38
2.3.2. Sistemas semiautomáticos	39
2.3.3. Sistemas automáticos	40
2.3.4. Sistemas robotizados.....	43
2.4. Dispositivos que facilitam a automatização de tarefas.....	45
2.4.1. Sistemas de accionamento	47
2.4.2. Sistemas de controlo	49
2.4.3. Sistemas mecânicos de auxílio à automação.....	52
3. Desenvolvimento	53
3.1. Objectivos do trabalho	53
3.2. Caracterização da empresa.....	56
3.3. Caracterização do produto	58
3.4. Caracterização do processo	62
3.5. Caracterização do problema	78
3.6. Anteprojecto.....	81
3.7. Projecto	98

3.7.1 Conceitos implementados	98
3.7.2. Conceito considerado inviável por razões económicas	106
3.7.3. Conceito considerado inviável por razões técnicas	123
3.8. Adaptações à realidade	128
4. Conclusões.....	135
5. Bibliografia e Outras Fontes de Informação	137
5.1. Bibliografia.....	137
5.2. Outras fontes de informação	139
ANEXO I.....	142
ANEXO II.....	150

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A indústria automóvel assenta essencialmente em quatro vertentes: *design*, competitividade, qualidade e prazo de entrega.

A competitividade é um factor crucial para a sobrevivência de qualquer empresa que pretenda estar envolvida neste sector. Durante muitos anos, a indústria portuguesa tentou sobreviver essencialmente baseada numa política de mão-de-obra intensiva, graças ao baixo nível salarial praticado geralmente nas empresas. Nos últimos anos, a visão dos empresários tem mudado radicalmente neste aspecto, muito graças à concorrência de países onde a mão-de-obra é ainda significativamente mais económica do que em Portugal. Isso permitiu que muitas empresas apostassem mais em Engenharia e em produção mais baseada em capital intensivo, onde a automatização e robotização são factores-chave.

A indústria automóvel consome um número considerável de peças mas, dadas as quantidades consumidas, controla de forma apertada os preços, graças a um alargado número de empresas habilitadas a produzir esse mesmo tipo de peças. Isso obriga a que as empresas, para ganharem os novos projectos, possuam meios suficientemente expeditos para minimizar os custos de produção, garantindo os níveis de qualidade exigidos. Para além disso, os preços são anualmente revistos em baixa, tendo em consideração que os fabricantes estão continuamente a aprender com os processos usados, e os vão optimizando.

Assim, cada sistema de produção nunca pode ser considerado uma obra acabada. A Engenharia assume aqui um papel fundamental, pois compete-lhe identificar permanentemente quais os pontos melhoráveis, com vista a minimizar o tempo de produção e, conseqüentemente, os custos de fabrico.

Este trabalho surge exactamente nessa sequência, visando a automatização de um posto de trabalho manual, com vista a minimizar custos e a permitir a alocação do operário a outros projectos em que a empresa está envolvida, minimizando ainda os riscos de aparecimento de peças não conformes, ou quebras de produção devido a absentismo.

1.2. Objectivos

Este trabalho tem como objectivo principal proceder à conclusão da automatização de uma linha semiautomática de produção de estruturas para estofos de automóveis. Assim, poderá considerar-se que o objectivo principal passa por:

- Analisar o sistema semiautomático de produção existente, onde são necessários um ou dois operadores de forma permanente;
- Efectuar propostas para a automatização integral da linha de produção e proceder ao respectivo projecto da solução entendida como mais favorável;
- Acompanhar a produção e instalação dos novos sistemas de manipulação automática.

Para a prossecução dos objectivos anteriormente referidos, tornou-se necessário:

- Proceder à análise de possíveis soluções para o problema;
- Fazer um levantamento geral dos equipamentos já utilizados na linha, com vista a identificar o 'output' de um sistema e o 'input' de outro;
- Estudar os movimentos necessários, evitar possíveis colisões e restringir o(s) novo(s) manipulador(es) ao atravancamento disponível para o efeito;
- Elaborar o anteprojecto;
- Elaborar o projecto;
- Analisar alternativas propostas pelo fabricante a quem foi adjudicada a obra;
- Acompanhar o fabrico e instalação do sistema.

1.3. Metodologia

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia que seguidamente se descreve:

- Estudo do estado da arte referente à matéria em causa;
- Estudo dos processos instalados;

- Estudo das necessidades/requisitos impostos pelo projecto;
- Estudo do avançamento disponível para o novo projecto;
- Análise dos melhores sistemas a utilizar no novo projecto;
- Procura dos equipamentos mais convenientes para produzir os efeitos que se antevêm como necessários ao projecto;
- Incorporação dos sistemas seleccionados num anteprojecto compatível com os requisitos impostos e com o avançamento exigido;
- Discussão da solução com a empresa a quem foi adjudicada a obra de implementação do sistema;
- Acompanhamento da instalação e teste da nova solução;
- Redacção da presente Dissertação.

1.4. Estrutura

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas envolvidos nesta dissertação, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e periódicos científicos dedicados à matéria, e o Desenvolvimento do Trabalho Prático propriamente dito, com referência à forma como o projecto evoluiu, soluções encontradas, descartadas e seleccionadas, estruturação do projecto e implementação do sistema.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A indústria automóvel: Breve introdução

Uma visão global

O automóvel é um elemento chave da mobilidade de pessoas e bens, um produto global, e a par desta analogia está a indústria do sector automóvel, que é vista, numa perspectiva global, como responsável por uma das maiores e mais importantes actividades industriais, uma verdadeira “indústria das indústrias” (Drucker in Oliveira, 2009). Esta abrangência global caracteriza a indústria automóvel como uma indústria com uma cadeia de valor complexa, quer a nível organizacional, quer a nível tecnológico, que segue um trajecto, que tem início na matéria-prima, passa pelos fornecedores e termina no consumidor final (INTELI, 2005).

De facto, a indústria automóvel é transversal a outros sectores de actividade, desde a indústria têxtil até à indústria metalomecânica, lidando com uma panóplia de tecnologias, competências e processos organizacionais com vista ao desenvolvimento e produção de componentes, módulos e sistemas, numa lógica de produto complexo, global e integrado (Selada, et al., 2003).

Tabela 1 – Produção automóvel no mundo (Unidades); FONTE: OICA, 2014.

	2012	2013	% Var. 2013/2012
Veículos ligeiros de passageiros	63 070 002	65 433 287	+3.7%
Veículos comerciais	21 138 198	21 866 828	+3.4%
Total	84 208 200	87 300 115	+3.7%

Esta rede de indústrias, que liga todos os intervenientes na cadeia de valor, faz da indústria automóvel uma indústria impulsionadora e que está em constante desenvolvimento, ao mesmo tempo que é flexível, dando resposta às mudanças evolutivas aos mais diversos níveis

das necessidades dos consumidores e às especificidades que o produto possui, culminando como um indutor de produtividade e competitividade dos países produtores.

Segundo os dados mais recentes da OICA (Organização Internacional de Construtores Automóveis), no que diz respeito à produção automóvel, é possível observar na Tabela 1 que, em 2013, existiu uma produção total de 87 300 115 veículos, que representa um aumento de 3.7% em comparação com o ano anterior, 2012. Do total de veículos produzidos, 65 433 287 são veículos ligeiros de passageiros e 21 866 828 são veículos comerciais, que registaram um aumento de 3.7% e de 3.4%, respectivamente.

Portugal

Ao fazermos uma retrospectiva da indústria automóvel em Portugal durante as últimas décadas, observamos uma indústria que se caracteriza como pouco dispersa, com mão-de-obra pouco qualificada e a nível tecnológico pouco desenvolvida, isto na perspectiva de um sector que tem tendência para acompanhar a evolução de uma indústria global muito dinâmica e competitiva.

Assim, o sector automóvel em Portugal tem sido conduzido pela evolução da política industrial e pelo investimento estrangeiro na instalação de unidades de montagem local, que se traduzem em verdadeiras âncoras do desenvolvimento da indústria de componentes (Figura 1). O crescimento discreto do sector, verificado até ao início da década de 90, foi substituído por uma rápida expansão, estimulada pelo projecto AutoEuropa (INTELI, 2005).

Segundo a ACAP (Associação Automóvel de Portugal), o sector Automóvel em Portugal é um dos mais dinâmicos e inovadores da economia nacional:

- Representa um universo de 28 mil empresas, 2.7% do emprego em Portugal, e um total de 140 mil postos de trabalho directos;
- Atinge um volume de negócios de 24 mil milhões de euros;
- Contribui fortemente para as exportações: a produção de veículos automóveis e seus componentes constitui um dos principais sectores exportadores em Portugal, representando 19,8% do total de produtos exportados;

- As receitas fiscais geradas pela venda e circulação automóvel em Portugal ascendem a mais de 6 mil milhões de euros, ou seja, a cerca de 4% do PIB e a 21% do total das receitas fiscais.

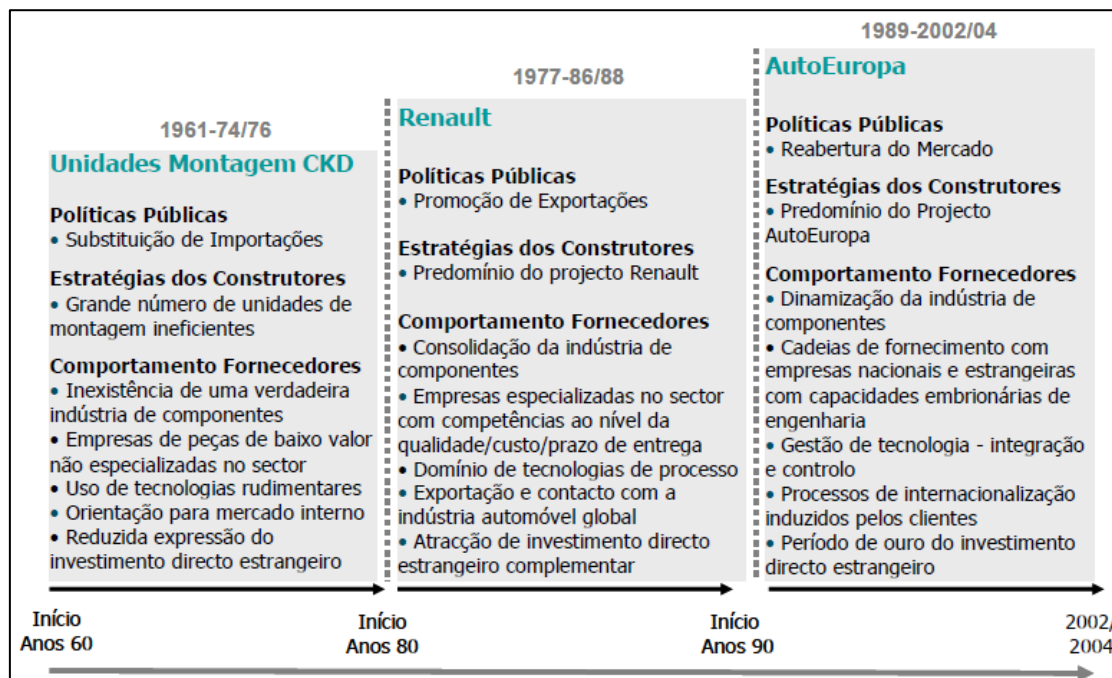


Figura 1 – Desenvolvimento da indústria de componentes – Unidades CKD¹; Renault; AutoEuropa (INTELI, 2005).

Apesar da importância da indústria automóvel em várias vertentes, seja a nível económico ou ao nível da empregabilidade, verifica-se uma tendência decrescente para a produção automóvel (Tabela 2). Não serão aqui debatidos os motivos para este comportamento, apenas se apresentam os valores de produção automóvel. Mais uma vez, de acordo com os dados da OICA, em 2013, existiu uma produção total de 154 016 veículos, que representa uma diminuição de produção de -5.8% em comparação com o ano anterior, 2012. Do total de veículos produzidos em 2013, em Portugal, 109 698 são veículos ligeiros de passageiros e 44 318 são veículos comerciais, que registam um decréscimo na produção em 2012, de -5.2% e de -7.3%, respectivamente.

¹ CKD – completely knocked down – (Veículos em kit para montar).

Tabela 2 – Produção automóvel em Portugal (Unidades). FONTE: OICA, 2014.

	2012	2013	% Var. 2013/2012
Veículos ligeiros de passageiros	115 735	109 698	-5.2%
Veículos comerciais	47 826	44 318	-7.3%
Total	163 566	154 016	-5.8%

2.1.1. Particularidades da indústria automóvel

“A indústria reestrutura-se e reorganiza-se no espaço global, com uma redistribuição de responsabilidades ao longo da cadeia de valor e com a aposta em novos mercados outrora fechados ao comércio internacional e ao investimento estrangeiro. Esta abrangência global é um dos principais elementos que caracterizam a indústria automóvel dos dias de hoje. É uma indústria altamente competitiva, claramente global, mas sujeita a fortes especificidades de carácter regional, o que tem conduzido a mudanças estratégicas de fundo nos construtores de veículos e na estrutura de fornecedores (INTELI, 2005).”

Desde o início da existência do automóvel que se verifica uma constante expansão da indústria automóvel, assim como o aumento do volume de produção. Também é durante este período que existe o registo das empresas que encerram, ou que são assimiladas por outras com maior capacidade, por falta de competitividade (Oliveira, 2009).

A competitividade obriga a que cada empresa se molde às constantes alterações do mercado, conduzindo a mudanças estratégicas nos construtores e na estrutura dos fornecedores. Os construtores adoptam uma atitude de reduzir o número de fornecedores em virtude de obter os seus produtos montados em vez de componentes em unidades individuais. Esta constante procura visa a redução de custos, mas por outro lado, existe a preocupação de manter a qualidade e aumentar a flexibilidade, que são factores de sobrevivência para as empresas que pertencem à cadeia de valor.

Aspectos como o *design*, o marketing, a competitividade, a qualidade e o prazo de entrega, são fulcrais para que uma empresa seja escolhida como fornecedor de uma construtora. Todos estes factores ajudam ao grau de complexidade elevado que uma empresa deve possuir, para que se possa evidenciar como um fornecedor fiável (Figura 2).



Figura 2 – Complexidade no *design*, produção e negócio (Adaptado de ElMaraghy, et al., 2012).

Design

O *design* é o primeiro passo para a criação de um produto, uma necessidade do mercado. É nesta fase que se define a estrutura complexa que suporta o produto (Figura 3), e que se define a forma, o tamanho, a quantidade e a versatilidade do mesmo produto. Também aqui é feita a avaliação da exequibilidade do produto. Todo o processo é envolvido pela pesquisa de uma solução para uma determinada necessidade, atendendo às suas restrições, pois durante a fase de pesquisa é necessário ter em conta normas e requisitos.

A metodologia do *design* fornece duas importantes características. Primeiro, actua como uma *check-list* para garantir que todos os passos no desenvolvimento de um produto tenham sido cumpridos. Segundo, estabelece que todas as atenções devam estar no objectivo principal do *design*, isto é, nas necessidades do consumidor (Ulrich, et al., 1995).

No mercado, a diferenciação de um produto é cada vez mais garantida por questões como a imagem, o conteúdo tecnológico dos veículos e a possibilidade de personalização, evidenciando a importância do *design* no desenvolvimento do produto.

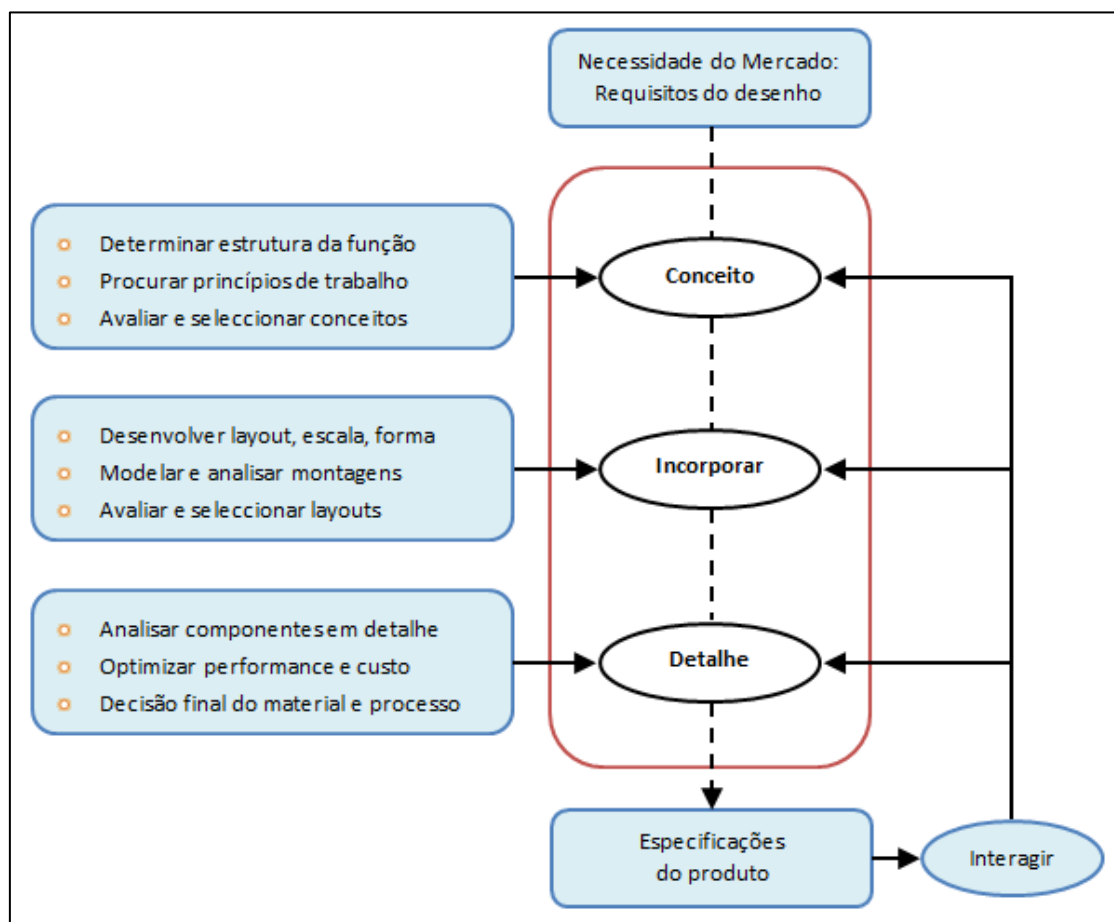


Figura 3 – Fluxo do processo de um projecto de engenharia, desde a identificação da necessidade até à especificação do produto (Adaptado de Ashby, 2010)

Marketing

O *Marketing* é definido, de uma forma geral, como o processo de análise dos produtos / serviços que vão ao encontro das necessidades dos consumidores, quer no ambiente actual, quer nas tendências futuras. O *Marketing* também tem como actividades:

- Elaboração de toda a documentação promocional relativa ao produto / negócio (catálogos, folhetos, etc.);
- Gestão da comunicação promocional (*newsletters*, emails, etc.) e actividades inerentes à análise da concorrência.

Se enquadrarmos o marketing na indústria automóvel, é possível identificar uma evolução, que passou do marketing de massa para marketing individualizado, passando ainda por uma estratégia de *marketing* segmentado.

O *marketing* de massa é uma estratégia cujo alvo são produtos de fabrico em massa, e de uma forma geral, pretende atrair todos os tipos de consumidores. Este tipo de *marketing* é caracterizado por criar condições para obter produtos com um custo final menor e com margens de lucro maiores. A produção em massa de automóveis, que começou com Henry Ford, fundador do “*fordismo*” (modelo de trabalho que se resumia a produzir automóveis em massa a baixo custo), é um exemplo da estratégia de *marketing* de massa (Hu, 2013). Existia um discurso que ignorava as diferenças dos potenciais compradores. A frase de Henry Ford, “os meus clientes podem escolher um Ford T de qualquer cor, desde que seja preto” (Ford in Hu, 2013), reflecte a posição dos fabricantes perante uma estratégia de *marketing* de massa.

Entre o *marketing* de massa e o individualizado, surge o *marketing* segmentado. O *marketing* segmentado assenta no reconhecimento de que, sendo os mercados de um modo geral pouco homogéneos, é possível identificar subconjuntos (segmentos) de consumidores com necessidades específicas e diferenciadas. Esta estratégia de *marketing* pressupõe uma eventual segmentação do mercado (Brito, 1998). A segmentação torna-se um ponto intermediário entre o *marketing* de massa e *marketing* individualizado, onde os consumidores pertencem a grupos de segmentos bastante similares em termos de necessidades. Enquanto uns consumidores se identificam com algumas características extra, outros estão dispostos a abdicar dessas características adicionais. Permite assim à empresa um ajuste no preço no produto ou serviço.

Actualmente, os consumidores querem influenciar e participar no *design* dos produtos, o que levou a um novo paradigma de estratégia de *marketing*: o *marketing* individualizado (Hu, 2013). O *marketing* individualizado caracteriza-se por adoptar uma estratégia mais próxima e mais personalizada com o cliente, de forma a conhecer as suas necessidades. Esta relação personalizada permite às empresas conhecerem como cada cliente deseja ser tratado. Isto não significa que cada cliente seja tratado de maneira exclusiva. Em vez disso, cada cliente beneficia a empresa da forma como esta se comporta em relação ao próprio cliente (Rizzo, 2005). Seria impensável aplicar o “*fordismo*” na indústria automóvel actual. Podemos aplicar o exemplo da marca *Smart* (grupo Mercedes-Benz), que é um exemplo de aplicação da estratégia de *marketing* individualizado. Com as várias possibilidades de personalização do modelo *For Two*, cada cliente tem a possibilidade de configurar o seu automóvel “à sua medida”.

Pela análise da imagem da Figura 4, é possível observar a evolução descrita anteriormente.

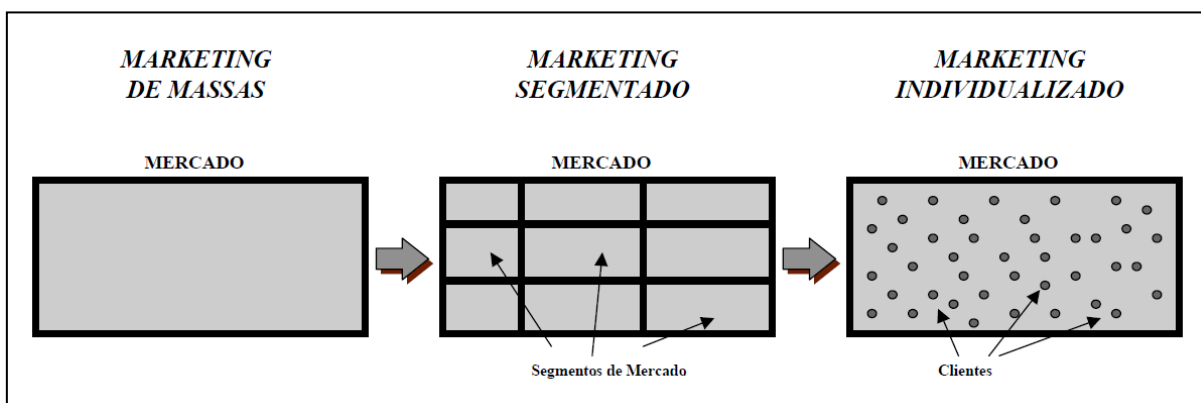


Figura 4 – As 3 estratégias do marketing (Brito, 1998).

No caso mais específico do assento automóvel, também podemos aplicar esta evolução do *marketing* de massa, para um *marketing* individualizado. De facto, o assento do condutor acompanha o veículo sem excepções. No início da produção automóvel, o assento era produzido como um componente integrante do conjunto automóvel, sem configuração possível, logo o condutor não podia optar por mudar a configuração do assento. A sua construção era simples, constituído por um conjunto de molas e espumas, solidários a uma placa de madeira. Com a adaptação a novas realidades, o banco tornou-se um elemento personalizado, com várias opções de configuração diferentes e com uma infinidade de componentes. O condutor pode beneficiar de um assento com maior conforto, com configurações extra, que vão desde a possibilidade de ter aquecimento até ter um ajuste, do assento personalizado, de uma forma totalmente automatizada.

Competitividade

Actualmente, as empresas estão continuamente a sofrer pressões competitivas. Com a globalização, a competitividade focaliza-se na resposta rápida às necessidades do mercado. As empresas devem adoptar estratégias para se manterem competitivas.

As estratégias passam por estudar as necessidades e perceber as tendências dos consumidores, assim como aumentar a sua capacidade produtiva, inovando e melhorando de uma forma contínua os métodos e a organização da produção dos produtos e serviços. Porter (1990) considera os seguintes quatro factores como determinantes da competitividade das empresas (Figura 5):

- Condições dos factores de produção (na qual o seu desenvolvimento permite detectar tendências com importância e possíveis colapsos das tendências, revelando as novas tendências que vão definir o futuro);
- Condições da procura (análise que permite caracterizar os aspectos críticos e as tendências em curso, que levam a alterações significativas ou mesmo radicais ao nível dos mercados, das preferências dos consumidores e do ciclo de vida dos produtos ou serviços);
- Actividades relacionadas e de suporte (conjunto de actividades de referência para o correcto funcionamento das economias cada vez mais em rede);
- Estratégias/forças concorrenciais e rivalidade empresarial.

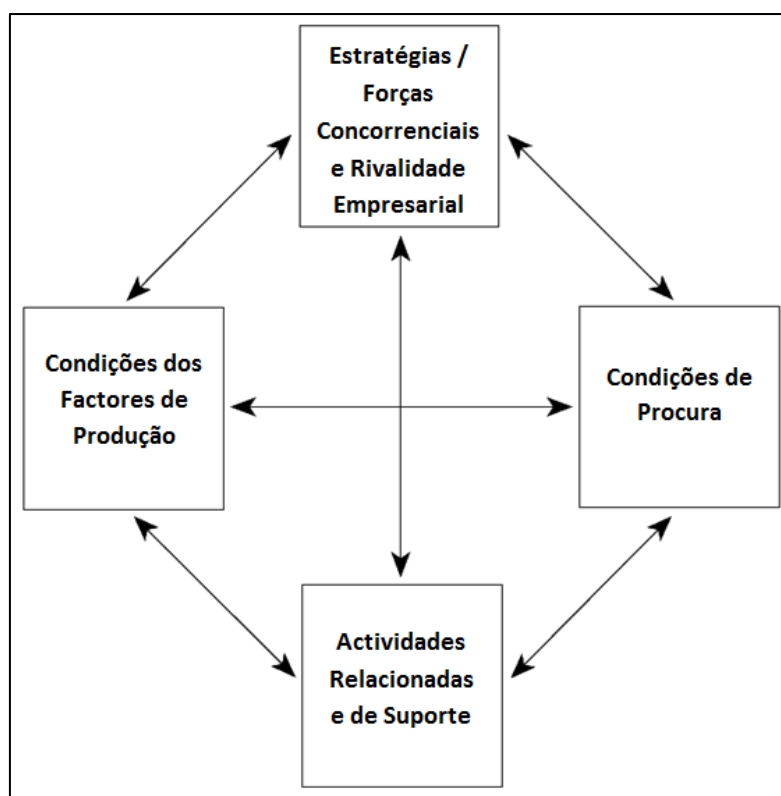


Figura 5 – Factores determinantes da competitividade das empresas (Adaptado de Porter, 1990).

Segundo Porter, as empresas prevalecem competitivas quando mantêm uma constante actualização e inovação, caso contrário serão obrigadas a deslocar as suas unidades produtivas para países com mão-de-obra barata.

O desenvolvimento rápido e constante do automóvel leva a uma adaptabilidade por parte das empresas na procura do aperfeiçoamento e no desenvolvimento dos automóveis, num produto final com a melhor performance, com um incremento da eficiência energética, que cumpra os requisitos sociais para reduzir a poluição e aumentar a segurança, ao mesmo tempo que procura manter os custos reduzidos dos componentes. Todos estes factores culminam com o aumento da competitividade global entre as empresas do sector automóvel.

A competitividade, que se regista na indústria automóvel, tem e sempre teve um comportamento dinâmico. Contudo, tem-se registado, ao longo do último século, a adopção de estratégias diferentes, desde a produção artesanal até à produção em massa de Henry Ford, passando pela política de marca e a variedade de produtos de Sloan¹, pela produção magra (*lean manufacturing*²) e mais recentemente pela produção por encomenda. Durante este período, a maior parte das empresas adoptou ferramentas e técnicas de produção em massa e produção magra, assim como o conceito de marca de Sloan. Estas alterações não só se registaram nos grandes produtores de veículos, como também se observaram nos produtores de carros de luxo, vistos como produtores artesanais. O complexo reino da competitividade mudou consideravelmente, assim como as bases sobre as quais as empresas se fundamentam para competir (Holweg, 2008).

Qualidade

A tendência das OEM's (*Original Equipment Manufacturers*), na procura de fornecedores que possam fazer montagens e fabrico intermédio dos seus produtos, força os fornecedores a diminuir os preços e realizar entregas nos prazos estipulados sem que isso comprometa a garantia da qualidade dos produtos.

Segundo as normas ISO (Organização Internacional de Normalização), qualidade pode ser definida como "a totalidade de características de um produto que lhe conferem aptidão para satisfazer necessidades implícitas ou explícitas".

¹ Empresário e gestor norte-americano da indústria automóvel, foi presidente da General Motors (GM). Enquanto Henry Ford dizia que o consumidor poderia comprar qualquer carro desde que fosse um Ford preto, Sloan adotou a estratégia de um carro "para cada bolso e propósito".

² A produção magra (*lean manufacturing*), assenta numa estratégia de eliminação de desperdícios e melhoria contínua dos processos na tentativa de dar resposta às exigências do cliente, no menor espaço de tempo.

Associada à definição está a importância do valor atribuído pelo cliente aos produtos, ou seja, se de certa forma os produtos correspondem às suas necessidades ou não. Torna-se assim evidente a ligação entre a definição do conceito de qualidade e o valor atribuído ao produto. O valor do produto está associado a um grupo de atributos chave. Em geral, podem ser considerados três atributos distintos do produto (Anupindi, et al., 1998); (Jocou, et al., 1992):

- Custo – Valor que o consumidor está disposto a pagar (preço e custos de utilização durante o tempo de vida do produto);
- Prazos de entrega e de correspondência às necessidades – Tempo de espera do produto e tempo que satisfaz as necessidades do consumidor;
- Qualidade.

De facto, o valor do produto resulta do equilíbrio na ponderação destes atributos, o consumidor atribui um peso relativo a cada atributo. É mais do que evidente que a importância da qualidade do produto tem vindo a crescer ao longo dos tempos. A Figura 6 demonstra essa evolução da qualidade, tendo sempre por base o custo e o prazo.

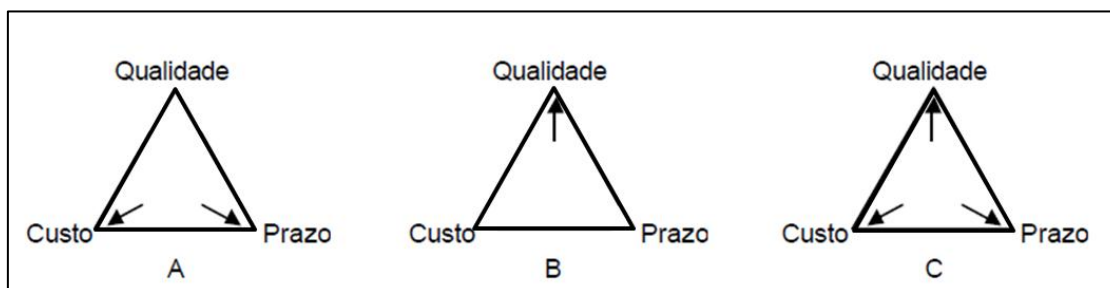


Figura 6 – Dimensões do valor do produto (Adaptado de Jocou, et al., 1992))

Verifica-se, em A, uma situação vivida durante anos, e característica das empresas, onde a pressão dos mercados se foca principalmente nos atributos como o custo e os prazos de entrega. A solicitação do mercado evolui para um paradigma em que o consumidor procura uma relação preço/qualidade ideal, o que por sua vez leva as empresas a evoluir para uma aposta mais direccionada para a qualidade. A pressão muda-se para o atributo da qualidade, o que corresponde ao caso B. A qualidade passa a ser um requisito obrigatório por parte do consumidor, uma exigência no mercado. As empresas respondem a esta pressão ajustando-se ao mercado, utilizando o custo e os prazos de entrega como variáveis, sendo a ligação entre os

três atributos ainda instável. No caso C, o comportamento das empresas altera-se, e o foco volta-se para dominar os três atributos em simultâneo. Este cenário leva a uma interacção global na qualidade de todas as actividades e processos (Reis, 2001).

Prazos de entrega

Este aspecto reside na capacidade de uma empresa fornecer um produto num menor espaço de tempo, mas com os níveis de qualidade exigidos pelo cliente. As empresas devem focar os seus esforços na disponibilização de informações fiáveis dos seus produtos e nos tempos dos prazos de entrega aos seus clientes. Um fornecedor que tenha um tempo de resposta mais elevado é preterido a um que tenha um tempo de resposta mais reduzido.

Um dos aspectos que podem comprometer os prazos de entrega é o facto de um produto ser normalizado ou personalizado, observando-se tempo menor de entrega para o primeiro caso e tempo maior para o segundo caso. A empresa tem assim a opção de escolha de reduzir o tempo de entrega, dedicando-se a produtos normalizados ou desistir dos esforços na organização dos produtos personalizados. No último caso, os prazos de entrega podem ser cumpridos aplicando factores físicos e princípios de produção para as operações existentes com uma dedicação rápida, e com o aumento da flexibilidade para os produtos personalizados (Treville, et al., 2004).

2.1.2. A indústria de componentes para o sector automóvel

A indústria automóvel caracteriza-se por ser competitiva, facto já evidenciado, e entrou nos últimos anos numa fase de saturação. Este comportamento é o reflexo de um mercado que tem um crescimento reduzido e que possui uma capacidade de produção que excede a procura. Este panorama coloca a necessidade dos construtores e dos fornecedores abordarem planos de reestruturação (INTELI, 2005).

Algumas das transformações verificadas na reestruturação têm origem no uso de estratégias de *outsourcing*¹, modularização, partilha de subsistemas e componentes, o que permitiu

¹ Processo utilizado por uma empresa, no qual outra organização é contratada para desenvolver uma certa área da empresa.

estabelecer cadeias de valor complexas e aumentar a capacidade de comunicação entre os OEM's e os fornecedores.

A indústria automóvel assume características oligopolistas¹, sendo dominada pela tendência da concentração de um pequeno número de grandes empresas por parte dos OEM's, que assumem um papel de influência no comportamento técnico, tecnológico e económico dos fornecedores de componentes.

De entre vários factores, que revelaram a crescente importância do papel por parte destes actores, salientam-se os seguintes (Veloso, et al., 2000):

- Transferência de responsabilidades dos fabricantes para os fornecedores – em particular ao nível do *design* e da engenharia, com a consequente emergência de autênticos fornecedores globais;
- Aumento do peso dos fornecedores no investimento no sector – dada a sua crescente participação no processo de produção;
- Intensificação da importância dos fornecedores de componentes de automóvel como fonte de criação de emprego em diversas regiões do mundo – alvo privilegiado da atenção, quer por parte das empresas, quer por parte dos governos dessas zonas;
- Responsabilidade por grande parte do investimento industrial no sector automóvel.

Dada a transferência de responsabilidades para os fornecedores (Figura 7), os OEM's deixaram de ser produtores independentes, passando a ser detentores de uma marca, numa ideologia de engenharia de produto, de montagem das viaturas, no acabamento e distribuição. Fica a cargo dos fornecedores a materialização e produção dos componentes concebidos pelos OEM's. A par desta tendência de transferência de responsabilidades, assiste-se a uma diminuição de fornecedores numa lógica de selectividade por parte dos OEM's, que começaram a aumentar o seu grau de exigência sobre a capacidade económica e financeira dos fornecedores, forçando a adopção, por parte dos fornecedores, de novas estratégias de produção (Oliveira, 2009).

¹ A concorrência oligopolística ocorre, quando um número elevado de vendedores produz produtos diferenciados. Difere da concorrência perfeita pelo facto dos produtos vendidos, pelas diferentes empresas, não serem idênticos, o que confere às empresas a possibilidade de controlar parcialmente o preço.

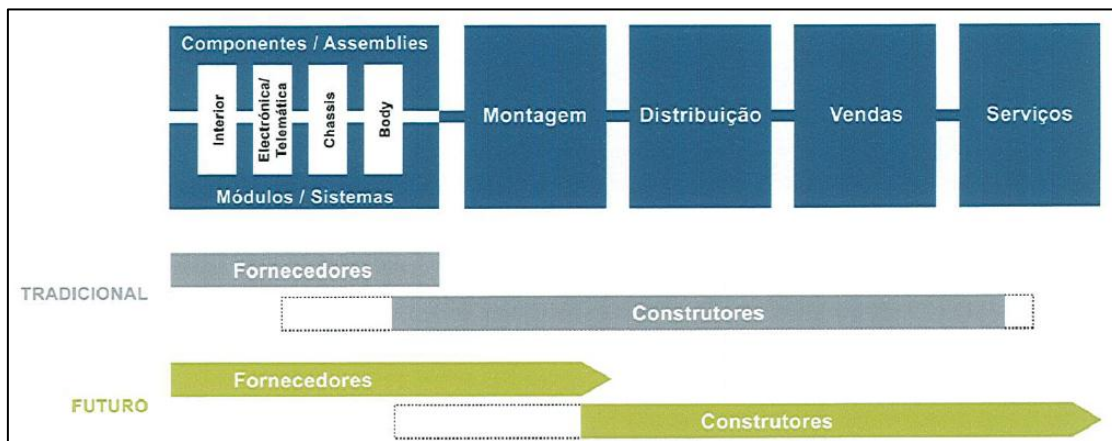


Figura 7 – Evolução da transferência de responsabilidades para os fornecedores por parte dos construtores (Felizardo, 2004).

Estas alterações conduzem, a prazo, a uma mudança na estrutura da cadeia de fornecimentos diferente da tradicional organização em 1ª, 2ª e 3ª/4ª linhas. Actualmente, e segundo estudos no âmbito do IMVP – *International Motor Vehicle Program*, os fornecedores são cada vez mais caracterizados e distinguidos pelas suas funções e capacidades, do que pela sua localização no fluxo de fornecimentos às empresas de montagem, dando origem à seguinte divisão:

- Fabricantes de Componentes – especialistas num determinado processo, como as empresas de estampagem ou de injeção de plásticos, sendo na sua maioria fornecedores indirectos dos OEM's. Os seus clientes directos são outros fornecedores situados num nível mais elevado na hierarquia;
- Fabricantes Montadores – especialistas do processo com capacidades adicionais de maquinagem e montagem. São usualmente responsáveis pelo *design*, projecto e teste dos produtos que fabricam, mas não pelo projecto do subconjunto ou dos restantes componentes que o integram, sendo tipicamente fornecedores indirectos;
- Fabricantes de Sistemas – fornecedores capazes de desenvolver as tarefas de *design*, projecto, desenvolvimento e produção de sistemas complexos. Podem fornecer directamente os OEM's, ou de forma indirecta, através dos "integradores de sistemas".
- Integradores de Sistemas – fornecedores capazes de integrar componentes, subconjuntos e sistemas em módulos, que são directamente colocados pelo fornecedor nos OEM's.

A abordagem de novos modelos de relação com os clientes finais implica uma organização interna das empresas do ramo automóvel, principalmente nos fornecedores de componentes. Para atingir níveis de eficiência elevados, a indústria de componentes sujeita-se a pressões, adaptando-se às formas de organização e metodologias de produção dos OEM's, ou dos fornecedores de nível superior. Verifica-se esta pressão tanto ao nível de custos e preços finais, como ao nível da qualidade global dos produtos. Esta pressão estende-se também às empresas subcontratadas (Abreu, 1995).

Os grandes fornecedores, os de 1ª linha, seguem as mesmas tendências dos OEM's, ou seja, a posição de subcontratar os da linha inferior. No entanto, os fornecedores de 1ª linha não estão dispostos a abdicar da inovação e de competências tecnológicas para os fornecedores de 2ª linha. Ao nível do fornecimento de 2ª linha, as pressões colocadas incidem já, não só na capacidade de redução de custos, mas também na capacidade de resposta, de acordo com as exigências em termos de qualidade e prazos de entrega (Figura 8).

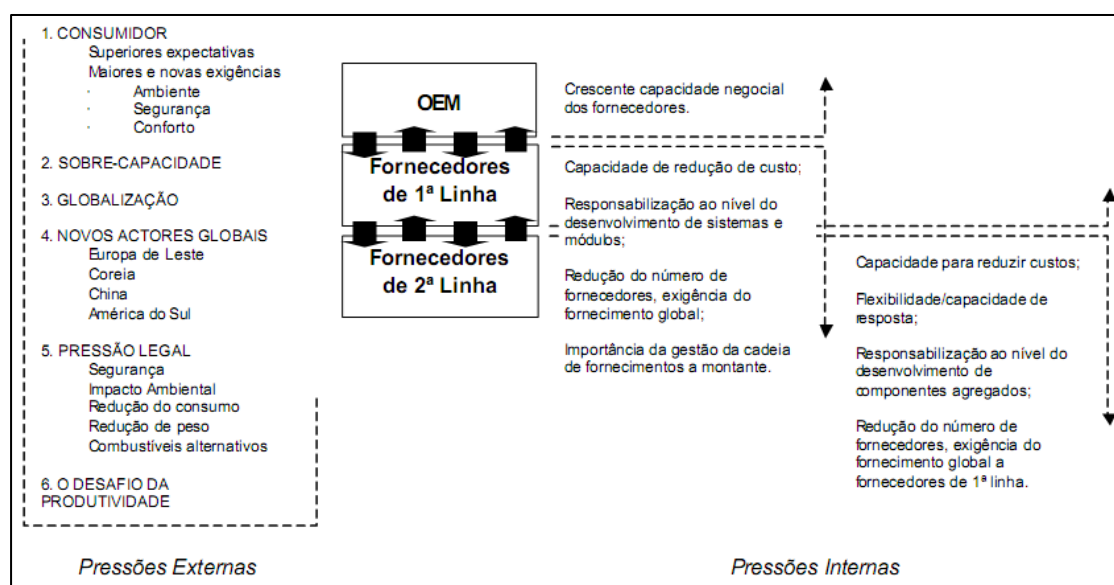


Figura 8 – Pressões sobre os fornecedores (Reis, 2001).

Não menos importante é o papel do consumidor, que passa por ser um actor activo, apresentando expectativas, assim como um grau de exigência mais elevado.

Normas

No enquadramento legal a indústria automóvel é altamente restrita, nomeadamente em termos de segurança e também a nível ambiental.

Segundo o IPQ (Instituto Português da Qualidade)¹, a normalização incentiva a redução de custos para fornecedores e clientes, aumenta a transparência do mercado, ajuda na criação de novos negócios e mantém os existentes, pois é um meio de garantir aos clientes que os produtos/serviços detêm o adequado grau de qualidade, segurança e respeito pelo ambiente. As normas facilitam igualmente as trocas comerciais na medida em que, para além da diminuição dos custos, reduzem as assimetrias de informação entre a oferta e a procura.

As OEM's e os fornecedores precisam de inovar nos seus produtos, para ganhar lugar no mercado e na cadeia de valor. Mas, para obterem margens de lucro, precisam de diferenciar as suas marcas e enaltecer o seu desempenho enquanto aceleram os seus ciclos, reduzem tempo assegurando a qualidade e mantêm os tempos de entrega. A redução dos custos de desenvolvimento e a complexidade de gestão requerem uma aproximação entre as OEM's e os fornecedores, visto que estes fornecedores precisam de alinhar o desenvolvimento e o *design* do produto com os requisitos das OEM's (IBM, 2009). Os requisitos interligam os vários intervenientes da cadeia de valor, tendo em foco objectivos em comum, e são vitais nas relações entre as equipas de engenharia e os demais *stakeholders*², incluindo os fornecedores e os clientes.

Para garantir a qualidade dos seus produtos, as OEM's, realizam periodicamente auditorias aos fornecedores. As auditorias ajudam a descobrir discrepâncias e falhas nos requisitos impostos nos produtos, e até mesmo no processo. Este controlo reduz custos de reorganização, no caso de falhas, e reduz o risco de perda de características nos produtos, exigidas pelos consumidores.

A indústria automóvel não é excepção no que respeita aos níveis de exigência de condições para a qualidade do produto, produtividade, competitividade e melhoria contínua. Com o objectivo de garantir estas metas, é que os fabricantes de veículos solicitam que os

¹ Instituto que tem por missão a coordenação do sistema português da qualidade e de outros sistemas de qualificação regulamentar que lhe forem conferidos por lei, como promoção e coordenação de actividades que visem contribuir para demonstrar a credibilidade da acção dos agentes económicos, bem como o desenvolvimento das actividades inerentes às suas funções de Instituição Nacional de Metrologia e de Organismo Nacional de Normalização.

² O termo refere-se a pessoas ou grupos com interesse (partes interessadas) no desempenho de uma empresa e na sua organização, ou seja, aqueles que podem ser directamente afectados pela actividade da empresa.

fornecedores adiram às apertadas especificações técnicas estabelecidas pelas normas de gestão da qualidade para fornecedores do sector automóvel, conhecidas como ISO /TS 16949.

Esta especificação uniformiza e substitui as normas dos sistemas de qualidade no sector automóvel (normas norte americanas, alemãs, francesas e italianas). Também identifica os requisitos que têm que ser cumpridos pelos sistemas de qualidade para o desenho/desenvolvimento, fabrico, instalação e serviço de qualquer produto do sector automóvel. Mais uma vez a competitividade destaca-se no mercado automóvel, pois levou com que a certificação dos fornecedores passasse a ser uma exigência dos clientes e deixasse de ser opcional (AEP).

Em resumo, a certificação ISO/TS 16949 implica:

- Redução no número de reconhecimentos por 3ª parte que a organização tem que manter, permitindo a libertação de tempo e recursos para outras actividades ligadas à qualidade e oportunidades de melhoria que tragam mais-valias ao negócio;
- Redução no número de auditorias de 2ª parte;
- Uma abordagem comum ao sistema da qualidade na cadeia de fornecimento, permitindo às organizações um trabalho em conjunto mais eficaz;
- Uma linguagem comum, que implica uma melhoria na compreensão dos requisitos de qualidade, facilitando a implementação e manutenção do sistema da qualidade.

2.1.3. Paradigmas da produção de peças e componentes para a área automóvel

A natureza de uma empresa geralmente determina a forma de resposta a factores externos como, por exemplo, às flutuações no ciclo económico. De facto, empresas que seguem um modelo de capital intensivo são afectadas de forma diferente relativamente às empresas que seguem um modelo de mão-de-obra intensiva. A classificação de uma empresa, de acordo com o modelo de capital intensivo ou de mão-de-obra intensiva, pode ser atribuída de acordo com a existência de capital e da quantidade de mão-de-obra, isto é, uma empresa com um modelo de capital intensivo implica uma produção mais automatizada e com um menor foco na mão-de-obra. Por outro lado, empresas com um modelo de mão-de-obra intensiva são consideradas empresas pouco automatizadas (Bloom, et al., 1998).

Apesar do sector automóvel ser uma indústria com altas taxas de empregabilidade, é bastante automatizado, logo podemos assumir que a indústria automóvel se enquadra num modelo de capital intensivo, pois procura constantemente a automatização dos processos de produção.

Na Tabela 3 são analisadas, de uma forma sucinta, as características principais, assim como as vantagens e desvantagens entre os modelos de mão-de-obra intensiva e capital intensivo.

Tabela 3 – Comparação entre o modelo de mão-de-obra intensiva e capital intensivo.

MODELO	Mão-de-obra intensiva	Capital intensivo
DESCRIÇÃO	Refere-se aos recursos humanos necessários para o negócio. Para empresas de pequena escala e para produtos personalizados.	Refere-se ao equipamento, máquinas e veículos. Mais adequado para a produção em grande escala, com fabrico em série.
VANTAGENS	Flexibilidade na gestão da capacidade de produção a tempo inteiro ou tempo parcial.	Facilmente automatizado.
LIMITAÇÕES	Quantidade elevada de mão-de-obra.	Requer investimento elevado. Manutenção dos equipamentos.

A organização dos sistemas de produção depende da diversidade e do volume de produção dos produtos. A Figura 9 representa a caracterização de um sistema de produção, de uma forma resumida, em virtude da quantidade e da variedade de produtos. No caso de uma empresa possuir apenas um ou dois produtos com uma quantidade de fabricação elevada, o sistema adoptado caracteriza-se por uma linha dedicada à produção em massa, com forte sistematização das operações e um elevado nível de especialização das máquinas, em comparação com o produto. Por outro lado, se a quantidade é reduzida e existe uma variedade de produtos, o sistema de produção assenta em processos flexíveis e é orientado para produtos personalizados. Num nível intermédio, de quantidade e variação intermédia, é seleccionado como exemplo um sistema de produção em células.

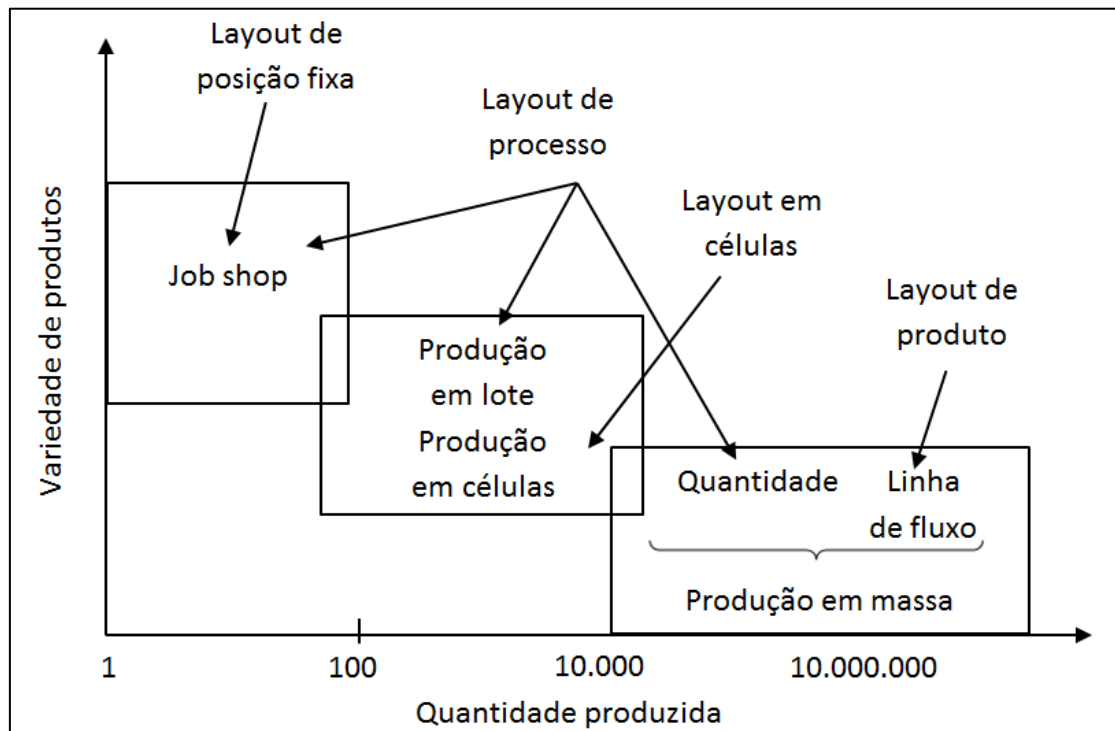


Figura 9 – Sistemas de produção de acordo com a variedade de produtos e a quantidade produzida (Adaptado de Groover, 2000).

Podemos enumerar os seguintes sistemas de produção, de acordo com a Figura 9:

- Job shops – Pequenos lotes, baixo volume, elevada variedade, equipamento universal e mão-de-obra qualificada. São sistemas característicos de oficinas de fabrico de ferramentas ou moldes;
- Lote (Batch) – Variedade de produtos e volumes de produção diferentes. A produção de tintas é um exemplo deste sistema de produção;
- Massa (quantidade) – Sistema semi-contínuo, de elevado volume de artigos normalizados e com gamas operatórias iguais, variedade limitada com processos repetitivos de fabricação e montagem. As linhas de montagem automóvel enquadram-se neste tipo de sistemas de produção;
- Linha (Flow Shop) – Volume muito elevado mas sem variedade, com gama operatória única. Encontramos este tipo de sistemas no fabrico de químicos.

Um sistema de produção em células caracteriza-se pela diversidade de tarefas que os equipamentos podem executar em produtos distintos. Esta tipologia permite agrupar o produto, a partir de um determinado critério (semelhança na forma ou utilização de

componentes em comum), com um conjunto de máquinas da linha. Assim, o layout deste sistema é definido tendo como referência um determinado número de produtos, e não terá como referência um só produto.

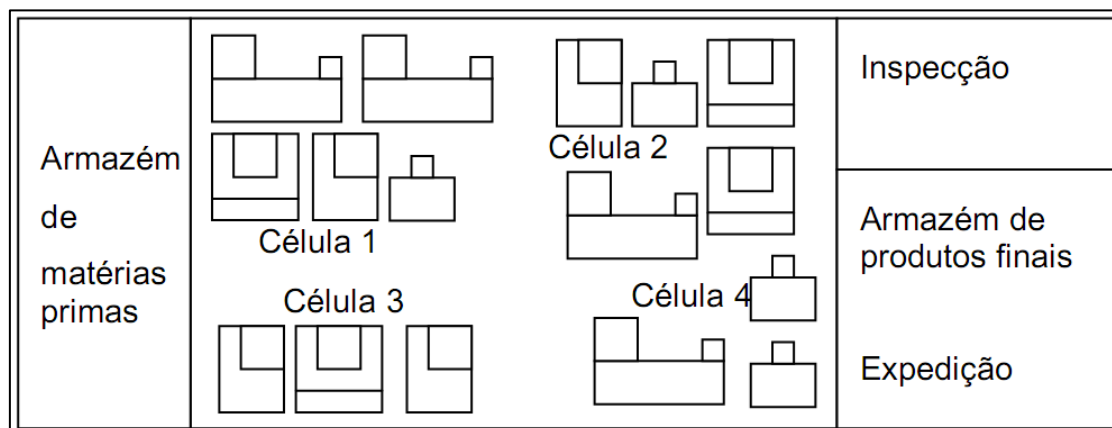


Figura 10 – Implantação em células de fabrico (Carvalho, 2008).

Segundo Zagonel (2006), é possível enumerar algumas vantagens do modelo em células:

- Menor *lead-time*;
- Maior integração entre tarefas;
- Redução e identificação mais célere nos produtos com defeito;
- Maior produtividade;
- Maior equilíbrio em termos de tempo de operação;
- Menor manipulação das peças/produtos e menor movimentação do operário;
- Menor tempo de *setup*;
- Menor *stock* em processo;
- Menores tempos de espera.

Na Figura 11 está representada uma implantação em linha, característica de sistemas de produção em massa. Henry Ford foi o pioneiro neste tipo de implementação, na produção do Ford T, orientada para a produção em grandes quantidades. Uma empresa que possua uma implementação deste tipo tem de se preocupar na otimização dessa linha, estudar sistemas

de transporte e manipulação automatizados e analisar o melhor atravancamento das máquinas, para o melhor aproveitamento de espaço entre máquinas ou postos, de forma a garantir um fluxo contínuo ao longo da linha. Exemplos comuns deste tipo de implantação são as indústrias dedicadas ao fabrico e montagem de veículos. Contudo, como cada linha é dedicada à produção de um produto, esta acaba quando o produto deixa de ser produzido. Um novo produto implica uma nova linha de produção.

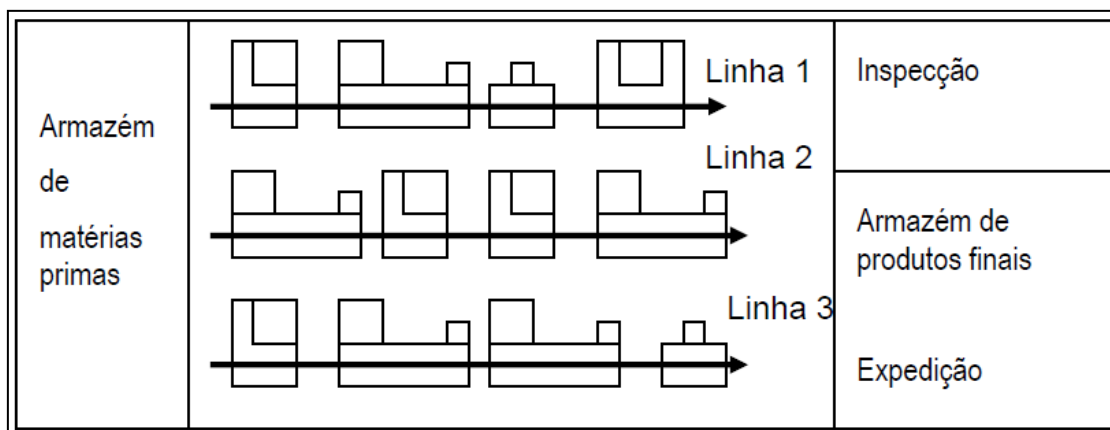


Figura 11 – Implantação em linha (Carvalho, 2008).

Em suma, este tipo de implantação é caracterizada por:

- Normalização da sequência do produto e do processo;
- Máquinas com elevada cadência de produção;
- Grande volume de um só produto;
- Ciclos de produção curtos;
- Baixos inventários em curso de fabrico;
- Linhas de produção perfeitamente equilibradas;
- Fluxo contínuo dos materiais e componentes;
- Planeamento e controlo da produção facilitado;
- Possibilidade da manipulação automatizada dos materiais.

2.2. Estruturas de estofos para automóveis

O banco é parte integrante de qualquer veículo motorizado que seja tripulado, variando a sua forma, tamanho, nível de conforto, entre outros aspectos (Figura 12).



Figura 12 – Banco: Automóvel (a); Veículo pesado de passageiros (b); Veículo pesado (c); Motociclo (d) (Adaptado de Blair, et al., 2008).

Dos vários elementos que complementam a configuração de um carro, o banco é entendido como um elemento chave na segurança e no conforto do condutor. O banco faz a ligação do ocupante ao veículo, e desempenha um papel chave na segurança, no caso de um acidente ou manobras bruscas, mantendo o condutor solidário com a estrutura do carro (Morello, et al., 2011).

No desenvolvimento de um automóvel, a preocupação por parte dos fabricantes automóveis com a segurança dos ocupantes é um dado adquirido. Na Figura 13 está representado um mecanismo desenvolvido a pensar na segurança do condutor, a ser aplicado num banco automóvel. Na parte inferior do eixo de rotação do mecanismo existe uma placa contra a qual, durante um impacto, os ombros empurram a parte superior, que apoia a cabeça. O mecanismo inclui uns batentes, que não são demonstrados na imagem, e que limitam o movimento do mecanismo, impedindo assim a continuidade do movimento.

Para além de todos os critérios e requisitos de segurança, o principal papel do banco é garantir o conforto na condução, tanto do condutor como dos ocupantes, seja numa viagem curta como numa viagem longa, atenuando as vibrações provocadas pelo estado da estrada, ou por factores dinâmicos inerentes ao movimento do veículo.

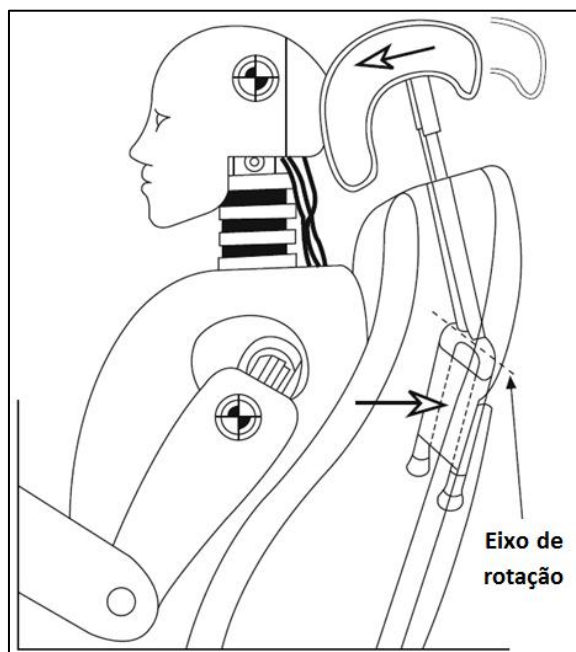


Figura 13 – Banco da Saab desenhado para prevenir lesões na coluna cervical devido ao “efeito chicote” (Adaptado de Crolla, 2009).

O conforto de um banco é tanto maior quanto mais uniforme for a distribuição de pressões através de toda a estrutura. É necessário que existam sistemas de ajuste para que o ocupante se sinta o mais confortável possível, quer a nível lombar, quer a nível dos membros inferiores. É importante que um banco esteja equipado com vários mecanismos de ajuste, para que cada ocupante se sinta confortável durante a condução. Numa configuração normal de um banco, são geralmente incluídos diferentes mecanismos de ajuste, como o encosto de cabeça e de braços, para se adaptar ao nível de conforto requerido pelo ocupante. O grau de complexidade de um banco pode aumentar, de carro para carro, mais especificamente de acordo com a classe. Quanto melhor for a classe de um carro, mais opções e funcionalidades mecânicas e eléctricas estarão ao dispor do condutor, sendo também geralmente superior no conforto.

Dependendo das especificações de cada fabricante automóvel, os bancos são configurados com diferentes mecanismos de ajuste, em versões manuais ou eléctricas:

- Ajuste em altura – permite um ajuste ascendente e descendente do banco;
- Ajuste da inclinação do assento do banco – permite a inclinação do assento do banco, que é normalmente feita em conjunto com o ajuste em altura;
- Ajuste da inclinação do encosto – a inclinação é feita por mecanismo que também interliga o assento ao encosto;

- Ajuste na zona lombar – permite a alteração da forma do encosto do banco, na zona lombar, para o tornar mais confortável;
- Ajuste do encosto da cabeça – permite a regulação do encosto da cabeça, conforme a altura do ocupante. No início o encosto de cabeça tinha apenas características de conforto, hoje em dia têm funcionalidades de segurança.

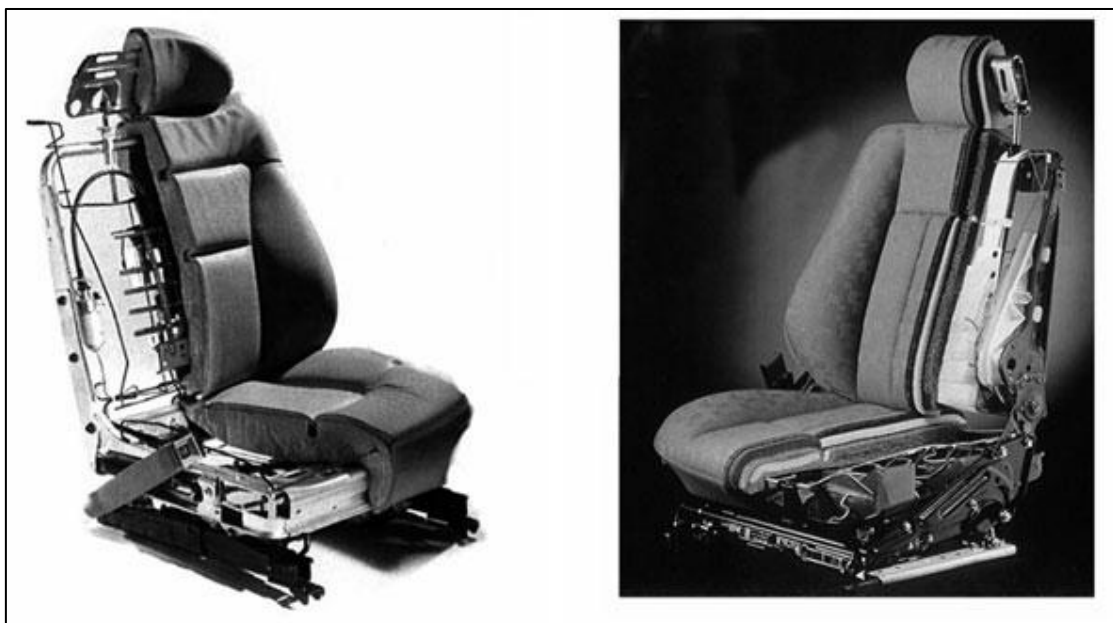


Figura 14 – Exemplo de um banco para um automóvel (Morello, et al., 2011).

Para além dos mecanismos e da estrutura principal de um banco, este é complementado com um sistema de suspensão, constituído por espumas e molas, com a capacidade de filtrar as vibrações (Figura 14). O grau de isolamento das vibrações pode variar de acordo com o tipo de veículo. Num veículo pesado, são concebidos sistemas de suspensão adicionais, que podem ser ajustados de acordo com as características exigidas pelos ocupantes. Neste caso, o objectivo é isolar o ocupante das vibrações. Por outro lado, num carro desportivo, os condutores procuram uma ligação directa com a estrutura do carro, com o objectivo de se sentirem solidários com o carro, ficando sensíveis a cada manobra efectuada.

Dadas todas estas funcionalidades e opções, é evidente que o número de componentes num banco é elevado, e que cada componente desempenha um papel fundamental no conforto, ou na segurança do condutor ou passageiro.

2.2.1. Componentes de uma estrutura de estofado para automóvel

De uma forma sucinta, um banco é constituído por (Figura 15):

- Capas/forras (1);
- Espumas (2);
- Encosto de cabeça (3);
- Estrutura da suspensão (4);
- Estrutura de plástico (5);
- Estrutura de interface entre o veículo e os mecanismos (6).

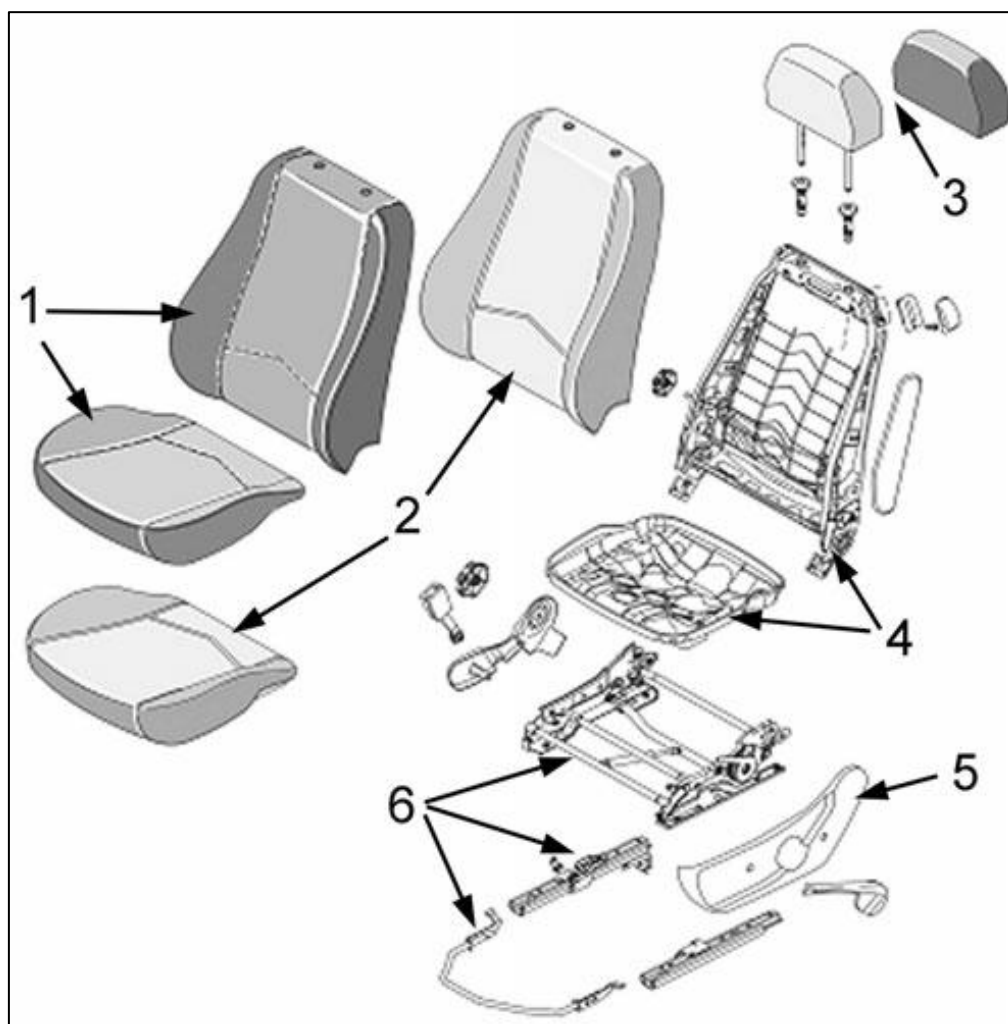


Figura 15 – Composição de um banco (Morello, et al., 2011).

Estrutura

No desenvolvimento de um banco automóvel, a estrutura é um componente que está invisível. Para além de se garantir que a estrutura é invisível, no processo de desenvolvimento é necessário, não só olhar para as funções que a estrutura desempenha, mas também, criar uma estrutura modular e comum a várias montagens, que considere o máximo de configurações possíveis num modelo de carro, ou até mesmo em outros segmentos da mesma marca.

A estrutura de um banco pode ser produzida em diferentes partes estampadas, barras com secções diferentes, dependendo da sua função, ou pode ser um conjunto de componentes estampados e extrudidos, unidos por soldadura ou rebites.

Espumas e estrutura de suspensão

O objectivo principal do conjunto espuma e estrutura de suspensão é isolar o ocupante das vibrações que são transmitidas à estrutura do banco. Até aos anos 50, eram usadas molas helicoidais para fazer o isolamento das vibrações. De facto, se o peso do ocupante era apenas suportado por um sistema composto apenas por molas, com amortecimento limitado, o comportamento esperado era o aumento do nível de vibração, até um valor próximo do valor da frequência de ressonância do sistema massa-mola, antes que as vibrações fossem atenuadas a frequências elevadas. Assim, o sistema massa-mola representa um sistema de isolamento de vibrações de baixa frequência pobre. Contudo, com o aumento da frequência das vibrações, o comportamento do sistema melhora. Caso seja adicionado em paralelo um amortecedor ao sistema massa-mola, a amplitude perto da frequência de ressonância é reduzida, mas por outro lado o isolamento a altas frequências é comprometido. As espumas usadas na construção do banco (espumas de poliuretano), quer no assento, quer no encosto, demonstram um comportamento complexo, comparado com um sistema simultâneo de molas e amortecedores em paralelo e em série, o que acabou por se revelar num sistema bastante eficaz na prática (Morello, et al., 2011).

Como suporte das espumas, quer no assento ou no encosto, existem estruturas metálicas que formam um subconjunto composto por elementos que proporcionam flexibilidade ao banco. Estas estruturas podem adoptar diferentes configurações, que formam um sistema que

complementa o isolamento das vibrações e estabelece o nível de conforto. Com base na Figura 16, podemos enumerar vários tipos de estruturas usadas nos assentos:

- Suporte rígido obtido por estampagem – (A);
- Conjunto de várias molas – (B);
- Conjunto de hastes de aço (teia de aranha) – (C);
- Suporte formado por tiras de borracha e tecido – (D).

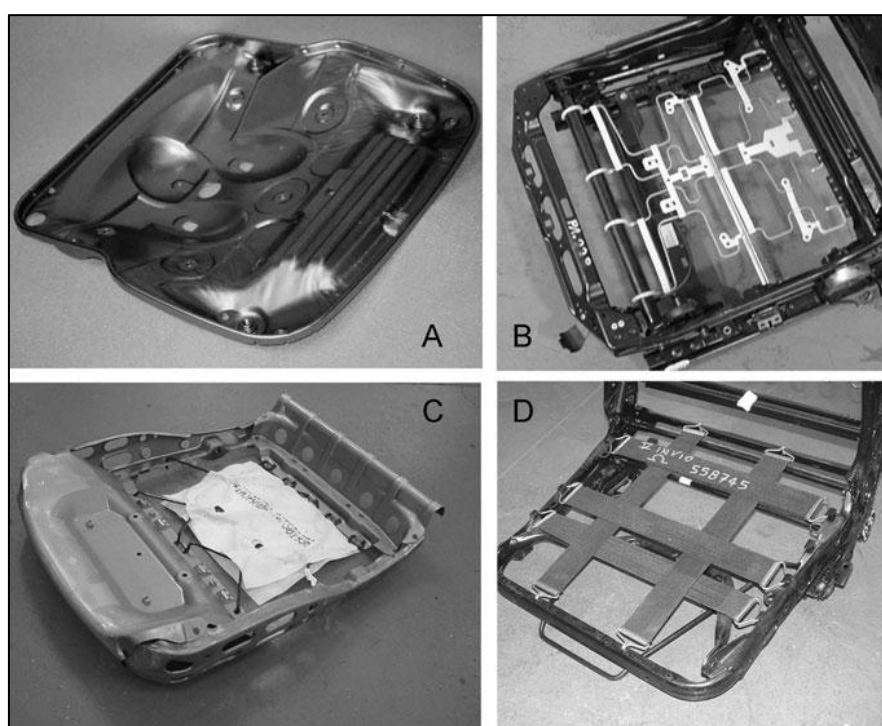


Figura 16 – Tipos de estruturas de suspensão encontradas em bancos (Morello, et al., 2011).

No caso do encosto também são usadas estruturas similares. O tipo de estrutura mais usado é designado por “*Suspension Mat*”, sobre o qual recai o caso de estudo prático. Tal como no caso das estruturas usadas nos assentos, as “*Suspension Mat*” têm como principal objectivo garantir flexibilidade ao banco, ou seja, ajudar na obtenção de um nível de conforto apropriado ao condutor.

As “*Suspension Mat*” serão abordadas com maior pormenor no capítulo do desenvolvimento.

Capas/Forras

Normalmente as forras (ou capas) formam apenas um aspecto estético mas, na verdade, as características técnicas também são consideradas. Dependendo da selecção que o condutor possa fazer, as forras podem possuir características técnicas diferentes:

- Boas propriedades mecânicas;
- Boa resistência ao desgaste e aos raios UV;
- Facilidade de trabalhar (adaptar-se a várias formas).

Guarnições

Para proteger e esconder alguns mecanismos são usadas guarnições. Normalmente, são elementos em plástico com uma função puramente estética.

Encosto de cabeça

Actualmente o encosto de cabeça é considerado como um elemento fundamental do banco, possuindo duas funções:

- Conforto – possibilita uma superfície de encosto para o ocupante durante uma viagem longa;
- Segurança – minimiza o risco de lesões no ocupante, em caso de acidente.

Estas duas funções implicam um compromisso construtivo. Se por um lado o encosto tem de ter uma espessura de espuma para ser confortável, por outro lado deve possuir rigidez suficiente para suportar um impacto, gerado num acidente.

2.2.2. *Materiais e processos de fabrico ligados à fabricação deste tipo de produto*

No desenvolvimento de um banco, a definição do *design* da estrutura e a selecção dos materiais é efectuada tendo por base a resistência, rigidez, capacidade de absorção de energia, assim como o conforto e a estética. O *design* representa um momento importante em todo o processo envolvente no desenvolvimento deste tipo de produto. Contudo, antes de se iniciar o desenho ou seleccionar um material, deve-se considerar se a execução de toda a estrutura é possível ou não, em termos de processos de fabrico e ligação dos diferentes componentes.

A estrutura de um banco pode ser composta por diferentes componentes estampados (Figura 17 a)), por perfis de diferentes secções (Figura 17 b)) ou pode ser constituído por montagens entre componentes extrudidos e estampados (Figura 17 c)), ligados por processos diferenciados, como por exemplo soldadura ou rebitagem. Em aplicações mais específicas, os bancos podem ser construídos através de peças fundidas, em ligas leves, como por exemplo ligas de magnésio (Figura 17 d)). Actualmente, existem diferentes tipos de soldadura que representam um processo rápido e eficaz. Para fazer algumas montagens, são também usados rebites ou agrafos. Este tipo de ligação tem uma potencial vantagem: ligar diferentes materiais, como por exemplo, ligar um componente em aço com um componente fabricado num material polimérico. Em aplicações específicas, onde são usadas estruturas de compósitos (por exemplo: carros desportivos), são usados adesivos como meio de ligação.

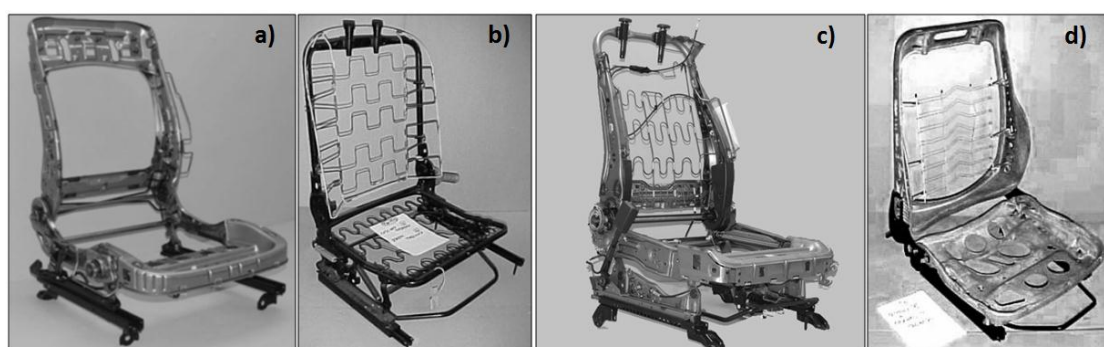


Figura 17 – Estrutura de um banco: a) Peças estampadas ligadas; b) Componentes com secções diferentes c) Ligação de diferentes componentes; d) Peças de magnésio fundido; (Adaptado de Morello, et al., 2011).

Devido aos requisitos de resistência do banco, numa situação de impacto, são usados aços de alta resistência (tensão limite de cedência entre 500 e 800 MPa) em componentes que têm funções estruturais. Estes componentes são conformados plasticamente por estampagem, a frio ou a quente. No caso de ser usado um processo de conformação por estampagem a frio, são usadas chapas de 2 mm e, num processo de estampagem a quente são usadas chapas de 3 mm. No caso de componentes que não têm uma função estrutural, como o apoio de braços, são usados aços com baixa resistência (tensão limite de cedência de aproximadamente 200 MPa). Quando o factor peso entra na consideração do projecto de um banco, são seleccionados outros materiais e processos de fabrico, como ligas de alumínio e ligas de magnésio (Figura 17 d)), que são injectadas a alta pressão em moldes de fundição, em ambiente controlado. Em casos extremos, como carros de competição, são usados compósitos para a construção de um banco com baixo peso e alto desempenho. Estes componentes são produzidos em séries muito pequenas (Morello, et al., 2011).

2.2.3. Qualidade e requisitos habituais destes sistemas

O papel dos consumidores, junto dos fabricantes de automóveis, é cada vez mais activo, e estende-se desde a definição dos requisitos ao nível de qualidade, até aos componentes que constituem um automóvel. Os condutores dependem cada vez mais tempo nos veículos. Seja em viagens de longa ou de curta duração a exigência no interior não deve ser só funcional, também passa por possuir assentos confortáveis, ajustáveis e seguros, de forma a maximizar a experiência no veículo. De facto, o assento é o componente que faz a ligação do condutor à estrutura do carro.

Cada cliente tem diferentes requisitos, o que obriga aos fabricantes serem o mais flexíveis possível, respondendo aos diferentes graus de exigência. Os fabricantes devem manter um diálogo constante com os compradores, de forma a receberem *feedback* das oportunidades de melhoria e das tendências do mercado, de forma a reflectirem melhorias nos seus produtos, sempre com o objectivo de manter a qualidade destes e garantir a satisfação do cliente.

A variedade e a quantidade de opções, assim como o nível de conforto, variam de acordo com a gama de um automóvel. Contudo, os fabricantes não podem deixar que o nível de qualidade seja diferente, de acordo com os modelos e as diferentes gamas. Como consequência, os automóveis podem deixar de ser atractivos no mercado, levando à perda de competitividade.

Como se disse atrás, o estofo é o componente que faz a ligação entre o condutor ou passageiro e a estrutura do automóvel. A estrutura está sujeita às vibrações provocadas pela estrada, as quais se pretende que o assento atenuar. Com esse objectivo, os assentos são cada vez mais sofisticados, e isso reflecte-se nos requisitos e índices de qualidade exigidos pelas OEM's aos fabricantes. Estes, por sua vez, passam essas exigências para os fabricantes de componentes, que ficam com uma estreita margem de liberdade no fabrico, conforme seria de esperar, para manter a uniformidade do produto.

Na definição dos assentos estão implícitos inúmeros requisitos, destacando-se como principais:

- Capacidade de proporcionar conforto (compromisso entre rigidez e flexibilidade);
- Resistência à fadiga;
- Não deformabilidade da estrutura;
- Resistência mecânica que assegure a sua integridade e a do ocupante em caso de embate;
- Estrutura leve;
- Facilidade do processo de fabrico.

Com base nestes requisitos, são seleccionados posteriormente os que também dizem respeito ao "*Suspension Mat*". Efectivamente, o conforto irá depender fortemente das espumas utilizadas, mas também depende da elasticidade do suporte da espuma, ou seja, do "*Suspension Mat*". A resistência à fadiga é outro factor crítico para o "*Suspension Mat*", pois este componente irá sofrer inúmeros ciclos de carga e descarga ao longo da sua vida útil. Os pontos de contacto entre o "*Suspension Mat*" e a estrutura irão assegurar a integridade do assento, necessitando portanto de possuir níveis de resistência mecânica adequados. A leveza tem sido uma das características mais requisitadas nas últimas décadas, em qualquer tipo de veículo (terrestre ou não), já que o excesso de peso degrada a relação peso/potência, contribuindo para maiores consumos ou pior desempenho do veículo. No entanto, aquilo que se pretende poupar em peso do material, reduzindo espessuras e secções, necessita ser compensado pelo uso de materiais mais nobres, que patenteiem melhores índices de resistência. Por fim, terá que existir um forte compromisso no sentido de utilizar formas expeditas de realizar os modelos idealizados, já que a quantidade a fabricar é sempre enorme e os processos envolvidos devem ser facilmente automatizáveis.

Portanto, o produto “*Suspension Mat*”, para além de exigente tolerânciamento geométrico, pois tem que ser ligado posteriormente à estrutura do assento, terá que cumprir ainda todos os requisitos atrás referidos, com vista a satisfazer o projecto do cliente. Só a salvaguarda de todos estes requisitos permite a qualquer fornecedor estar habilitado a fornecer os fabricantes de assentos, que por sua vez fornecem as OEM’s.

2.3. Automação ligada à indústria automóvel

“O sector automóvel tem sido, nas últimas décadas, um dos sectores que mais se transformou em termos das necessidades de qualificação da sua força de trabalho. Se nos anos 60 a característica central seria um sistema de trabalho repetitivo, de montagem realizada em grandes séries, com sistemas automatizados dedicados, a partir dos anos 70 assistimos a uma progressiva introdução da automatização flexível para responder a uma maior diversificação da procura e de segmentação de mercados (Moniz, 2006).”

Ao longo do tempo, a indústria procurou aumentar a sua eficiência na produção, recorrendo ao mínimo de recursos e utilizando-os de uma forma racional, sejam eles energéticos, sejam materiais ou mesmo humanos.

Um desafio que é recorrente nos fabricantes de produtos é a migração de um sistema manual para um sistema de produção automatizado, sempre com o objectivo de reduzir custos de produção, aumentar a sua produtividade (por exemplo: redução do tempo de produção), indo ao encontro dos níveis de qualidade elevados exigidos pelo cliente. Com esta estratégia os fabricantes mantêm-se flexíveis e competitivos de acordo com as variações de mercado. A necessidade de automatização nem sempre aparece ligada a factores de competitividade: por vezes é necessário evitar o uso de mão-de-obra em tarefas perigosas que colocam em risco a integridade física ou psicológica dos trabalhadores.

A automação está presente em diversas áreas da indústria, desde a indústria têxtil até à indústria farmacêutica, passando pela indústria de componentes electrónicos, química ou automóvel e na área dos serviços (transportes, energia, comunicações, etc).

A indústria automóvel é um dos sectores que tem contribuído para um nível crescente de desenvolvimento de sistemas de automatização. O elevado número de componentes que constituem um veículo, e os vários modelos possíveis dentro da mesma marca, implicam a

necessidade de um acompanhamento, em paralelo, no desenvolvimento de sistemas de automatização, capazes de contribuir para um aumento de produtividade e flexibilidade.

A aposta das empresas em projectos para aumentar o seu nível de automatização pode ser regido pelo seguinte conjunto de factores (Groover, 2000):

- Aumentar a produtividade: a automatização de um processo de produção normalmente aumenta a taxa de produção, e isto significa que existe um maior *output* de produtos por unidade de tempo, comparando com um sistema com a mesma função mas não automatizado;
- Reduzir custos de produção: o investimento na automatização é justificado economicamente para substituir operações manuais. As máquinas têm vindo a substituir a mão-de-obra, reduzindo os custos de produção;
- Aumentar a qualidade do produto: o aumento da produção não é o único objectivo da automação, pois esta também aumenta a repetibilidade e a conformidade;
- Redução dos prazos de entrega: a automatização ajuda a reduzir o tempo desperdiçado entre o pedido do cliente e a expedição do produto, um aspecto fulcral na competitividade da empresa, que pode definir ou não a entrada de novos pedidos;
- Executar tarefas que não podem ser efetuadas manualmente: certas operações não podem ser executadas sem a ajuda das máquinas. Falamos de processos que têm requisitos de precisão, em que o tamanho do objecto seja pequeno e difícil de manipular, ou se possui uma geometria complexa que não possa ser manipulada manualmente;
- Evitar custos da não automatização: os benefícios da automatização melhoram várias áreas da empresa de uma forma indirecta. Por exemplo, o aumento da qualidade conduz a um aumento de vendas, a um melhor relacionamento entre empresas e a uma melhor imagem;
- Reduzir ou eliminar rotinas manuais: um dos argumentos fortes para uma empresa preferir a automatização é eliminar as tarefas repetitivas, monótonas e cansativas. Esta opção serve como um propósito para melhorar as condições de trabalho.

Estes são alguns factores que podem ser enumerados. De facto, existe um grupo amplo de factores adicionais que poderiam ser abordados. Por exemplo, podemos focar a automatização

de operações como uma oportunidade para um operador. Existe a ideia errada de que quando as funções de um operador são “substituídas” por uma máquina, esse operador é dispensável. Na verdade a automação permite, não só a redução dos custos de trabalho de produção, mas também, a recolocação de pessoal existente para monitorizar e controlar a linha, resolver erros na produção, etc. e se concentrar assim em áreas de crescimento, em vez de interagir com movimentos repetitivos e monótonos ou actividades não produtivas.

2.3.1. Os sistemas apoiados na produção manual

Mesmo em sistemas de produção altamente automatizados, a mão-de-obra humana continua a ser necessária. O recurso a operários, que actuam no chão da fábrica, tem vindo a diminuir e é de certa forma preterido por sistemas automáticos, que ficam responsáveis pela produção. Os operários passam a ter funções de manutenção dos sistemas e equipamentos, responsáveis pela produção, e funções na organização da produção, deixando assim tarefas repetitivas e sem valor acrescentado para os sistemas automáticos.

A substituição de mão-de-obra humana por equipamentos automáticos nem sempre se justifica, porque a implementação dos equipamentos pode ser dispendiosa, ou porque a taxa de produção não justifica a substituição por sistemas automáticos.

Segundo Groover (2000), podemos enumerar uma série de situações em que a mão-de-obra continua a ter pontos fortes:

- Tarefas que são tecnicamente difíceis de automatizar – Certas tarefas são tecnicamente ou economicamente difíceis de automatizar, por exemplo, quando o acesso ao local de produção é difícil, ou devido ao elevado número de ajustamentos necessários nos casos em que existam vários modelos de um mesmo produto, ou nas operações finais, como o acabamento do produto. De facto, a destreza de coordenação que um ser humano possui, assim como a sua capacidade sensorial (sensores naturais: tacto ou visão), são factores a ter em conta, antes de se decidir automatizar uma tarefa;
- Ciclo de vida curto do produto – São produtos em que a sua permanência no mercado é limitada a um período de tempo definido, ou seja, é fabricado uma série de produtos uma única vez, sem previsão de nova produção. O tempo de desenvolvimento para a

automatização e a montagem deste tipo de produto não justificaria o valor do investimento necessário;

- Produtos personalizados – Se um cliente define que quer um tipo de produto único, com uma função personalizada, a produção manual é mais vantajosa, pois consegue ser mais flexível que um sistema automatizado;
- Variações na procura de um produto – Existem produtos que sofrem com as flutuações na procura: num período verifica-se uma procura elevada, enquanto num período posterior, já estamos na presença de uma procura inferior. A produção manual tem uma vantagem em relação à produção automatizada, não possui custos fixos. Um sistema automatizado tem um custo fixo, ou seja, um investimento associado e, caso a saída de produtos seja reduzida, esse custo fixo é dividido por poucos produtos, logo o custo dos produtos é elevado. A produção automatizada tem uma taxa de produção atribuída, que é limitada no caso de se verificarem variações da procura. Por outro lado a produção manual pode possuir uma cadência de produção variável, de acordo com as necessidades criadas;
- Redução e risco de falha num produto – O risco de um novo produto no mercado limita a empresa na decisão de avançar para um sistema automatizado para a montagem desse mesmo produto. O recurso à produção manual, numa fase embrionária do produto, é uma vantagem, reduzindo a possibilidade de falha de um investimento em sistemas completamente automáticos.

2.3.2. Sistemas semiautomáticos

As funções dos sistemas semiautomáticos caracterizam-se por serem executadas por máquinas, necessitando no entanto do auxílio de uma acção manual.

O grau de automação de um sistema é determinado pelo número de operações que são feitas pela máquina ou pelo homem. Dependendo do grau de complexidade do controlo das funções, existe uma diferenciação entre funções completamente automatizadas e semiautomáticas. Enquanto num sistema completamente automatizado não são necessárias operações por parte do operador, e onde as operações são executadas de uma forma mais precisa, um sistema semiautomático é caracterizado por máquinas que necessitam de um certo grau de suporte

por parte do homem (as funções individuais são garantidas pelo sistema técnico, mas são completadas pelo operador).

Um exemplo prático na indústria automóvel de um processo semiautomático é a soldadura, por parte de um operário, de componentes de geometria complexa, onde um sistema automático seria de difícil implementação, ou no fecho de ciclos de soldadura que um processo automático não consegue finalizar, por questões técnicas (Figura 18).



Figura 18 – Linha montagem e soldadura do novo Audi R8 (REUTERS).

2.3.3. Sistemas automáticos

Os sistemas automáticos são preferidos por parte de uma empresa, relativamente aos sistemas anteriormente definidos, sempre que possível. A automatização resume-se à implementação conjunta de vários contextos tecnológicos (mecânicos, electrónicos e informáticos), que operam e controlam os processos de uma forma autónoma. Os sistemas automáticos de produção numa fábrica executam várias operações no processamento de um produto, como a montagem, inspecção, manipulação, etc. São designados de automáticos pois requerem uma intervenção nula ou reduzida de mão-de-obra para completar as tarefas. Como exemplos de sistemas automáticos, temos as máquinas de controlo numérico (máquinas CNC), sistemas de montagem automatizada de produtos, sistemas e mecanismos de manipulação e transporte que estabelecem comunicação entre postos, etc.

Segundo Groover (2000), podemos classificar os sistemas automáticos em três tipos básicos (Figura 19):

- Automação fixa;
- Automação programável;
- Automação flexível.

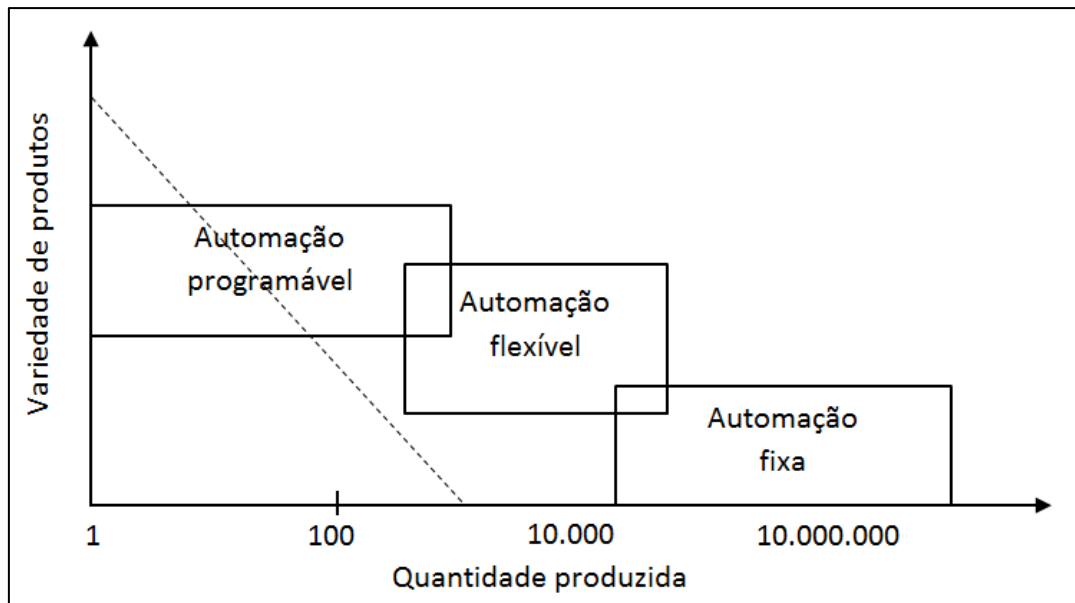


Figura 19 – Tipos de automação relativamente à quantidade e à variedade de produtos (adaptado de Groover, 2000).

Se a quantidade produzida é elevada e a variedade é reduzida, a estratégia passa por implementar uma automação dedicada (fixa). Por outro lado se a variedade é elevada e a quantidade é reduzida, estamos perante uma automação dedicada a cada série de produto, automação programável. Numa situação intermédia, em termos de variedade e quantidade, a filosofia seguida passa por uma automação flexível, que se adapte às mudanças de produto.

Automação fixa

Sistema no qual a sequência do processamento das operações é fixa pela configuração do equipamento. Cada operação na sequência é normalmente simples, envolvendo movimentos

lineares ou rotativos, ou uma operação conjunta dos dois movimentos, nunca muito complexa. De facto, a interacção e coordenação de mais operações num componente é que faz do sistema complexo. As características mais comuns da automação fixa são:

- Alto investimento inicial para o projecto do equipamento;
- Taxas de produção elevadas;
- Flexibilidade reduzida perante a variedade de produtos.

A justificação do uso deste tipo de sistemas é encontrada quando existem grandes quantidades ou elevadas taxas de produção, em que o investimento inicial pode facilmente ser recuperado com a produção de um elevado número de unidades, fazendo com que o custo unitário se torne atractivo comparado com sistemas alternativos. Exemplos de automatização fixa: linhas de manipulação e máquinas de montagem automáticas.

Automação programável

Este tipo de automação caracteriza-se pela capacidade de alterar a sequência de operações para se acomodar a diferentes configurações de produtos. A sequência de operações é controlada por um programa, no qual está inscrita uma série de instruções em forma de código, para que possam ser lidas e interpretadas pelo sistema. Podem ser executados e introduzidos programas novos no equipamento, para produzir produtos novos. Alguns aspectos que caracterizam a automação programável incluem:

- Investimento elevado no equipamento;
- Taxas de produção menores, quando comparado com o sistema de automação fixo;
- Flexibilidade para lidar com alterações na configuração do produto;
- Indicado para o sistema de produção em lotes.

Os sistemas de produção automáticos programáveis são usados quando existem volumes baixos e médios de produção, e que normalmente estão organizados por lotes. Para produzir cada lote de produtos, o sistema deve ser programado com as instruções correspondentes ao novo produto, ou seja, é feito o *setup* do produto. O *setup* físico da máquina também é alterado, com a introdução de ferramentas diferentes ou de sistemas de apoio. Como

consequência da introdução dos *setup's*, é incrementado o tempo de ciclo final da produção do lote de produtos. Máquinas de controlo numérico, robots industriais e controladores lógicos programáveis, são exemplos de sistemas automáticos programáveis.

Automação flexível

A automação flexível é uma extensão da automação programável. Um sistema flexível automático é capaz de produzir várias partes ou produtos sem perdas de tempo virtuais na mudança entre as várias partes, ou seja, não existem perdas de tempo de setup. Como consequência, o sistema pode executar várias combinações e programas de produtos, sem que estes tenham de ser produzidos em lotes. O que torna a automação flexível possível é a diferença pouco significativa entre as partes a produzir, e a mudança necessária é mínima. Em suma, as características que definem a automação flexível são:

- Alto investimento para o projecto customizado do sistema;
- Produção contínua de diferentes produtos;
- Taxas de produção médias;
- Flexibilidade para lidar com variações no desenho do produto.

Exemplos da automação flexível são os sistemas de produção flexível, para executar operações de maquinagem.

2.3.4. Sistemas robotizados

Resumidamente, um *robô* é um dispositivo mecânico articulado reprogramável que consegue, de forma autónoma e recorrendo à sua capacidade de processamento, obter informação do meio envolvente utilizando sensores, tomar decisões sobre o que deve fazer com base nessa informação e manipular objectos, utilizando actuadores.

Um robô é uma máquina programável que possui características antropomórficas¹. O braço mecânico é um bom exemplo de um robô industrial (Figura 20), utilizado para fazer tarefas múltiplas. Os robôs têm a capacidade de responder aos dados de entrada dos sensores, de comunicarem com outras máquinas e tomar decisões. O desenvolvimento da tecnologia dos robôs segue o desenvolvimento do controlo numérico (Groover, 2000).

De facto, as duas tecnologias são muito similares, ambas envolvendo o controlo coordenado de múltiplos eixos (os eixos são chamados de pontos nos robôs) e ambas usando computadores digitais dedicados como controladores. Enquanto as máquinas de controlo numérico são desenhadas para processos específicos como a maquinagem, os robôs são desenvolvidos para uma quantidade de tarefas mais amplas, como soldadura por pontos, manipulação de produtos ou pintura em estufas.



Figura 20 – Robôs ABB na linha de produção automóvel do SUV Haval H6 (ABB).

Existem várias situações em que a opção por um sistema apoiado em robôs é favorável, relativamente a sistemas apoiados na produção manual. Podemos enumerar várias aplicações:

- Trabalhos em ambientes perigosos – quando o tipo de trabalho é inseguro, desconfortável ou perigoso, existem razões para considerar o investimento num

¹ Semelhança morfológica com o Homem.

sistema robotizado (exemplo: tarefas executadas na fundição, estufas de pintura, soldadura contínua, etc.);

- Ciclos de trabalho repetitivos – quando um processo implica ciclos repetitivos e os movimentos são relativamente simples, o robô é normalmente mais consistente e repetitivo nos movimentos que um operador, manifestando uma maior qualidade no produto final;
- Dificuldade de manipulação – quer em componentes pesados ou em movimentos complexos, é evidente que a implementação de um robô será recomendável;
- Operações contínuas – existem produtos em que é necessária uma produção contínua, sem interrupções (necessidade de turnos). A utilização de robôs nestas situações é uma alternativa, pois permite uma produção contínua sem interrupções;
- Mudanças frequentes – quando estão implementados numa fábrica sistemas de produção por lotes ou por “*job shop*”, são requeridas mudanças na programação e no tempo de *setup*, conforme a mudança do tipo de produto. A implementação de robôs torna-se mais vantajosa quando estes são implementados num sistema de produção em massa ou em linha.

2.4. Dispositivos que facilitam a automatização de tarefas

No mundo actual, as máquinas e os processos, desde a indústria química até aos automóveis, exigem de alguma forma electrónica ou controlo computacional para o correcto funcionamento. O uso intensivo de sistemas electrónicos nos sistemas de produção, na engenharia do produto e dos processos, conduz a um desenho complexo destes sistemas. No desenvolvimento e projecto de um produto ou processo, interagem em sintonia sistemas de engenharia mecânica, eléctrica, electrotécnica e de informática (Rizzoni, 2005).

De facto, se definirmos uma hierarquia entre os sistemas, é evidente que a electricidade se comportaria como o mentor de toda a cadeia, já que todos os outros sistemas são alimentados e atingem o seu objectivo com recurso à electricidade. No capítulo seguinte, esta ideia será reforçada pela quantidade de dispositivos que têm por base o recurso à electricidade.

Um exemplo familiar e que traduz a interacção dos vários ramos da engenharia é o automóvel. A Figura 21 representa os vários sistemas presentes num automóvel moderno que recorrem à electricidade e à electrónica, para cumprirem as suas funções. É perceptível a abundância e o papel fulcral que estes componentes representam no automóvel, como um todo.

O papel da electricidade na automação não é menos importante que no caso do automóvel. Um sistema de produção que recorra a sistemas pneumáticos, hidráulicos ou mecânicos, com a finalidade de automatizar ou melhorar o processo de produção, é dependente da electricidade.

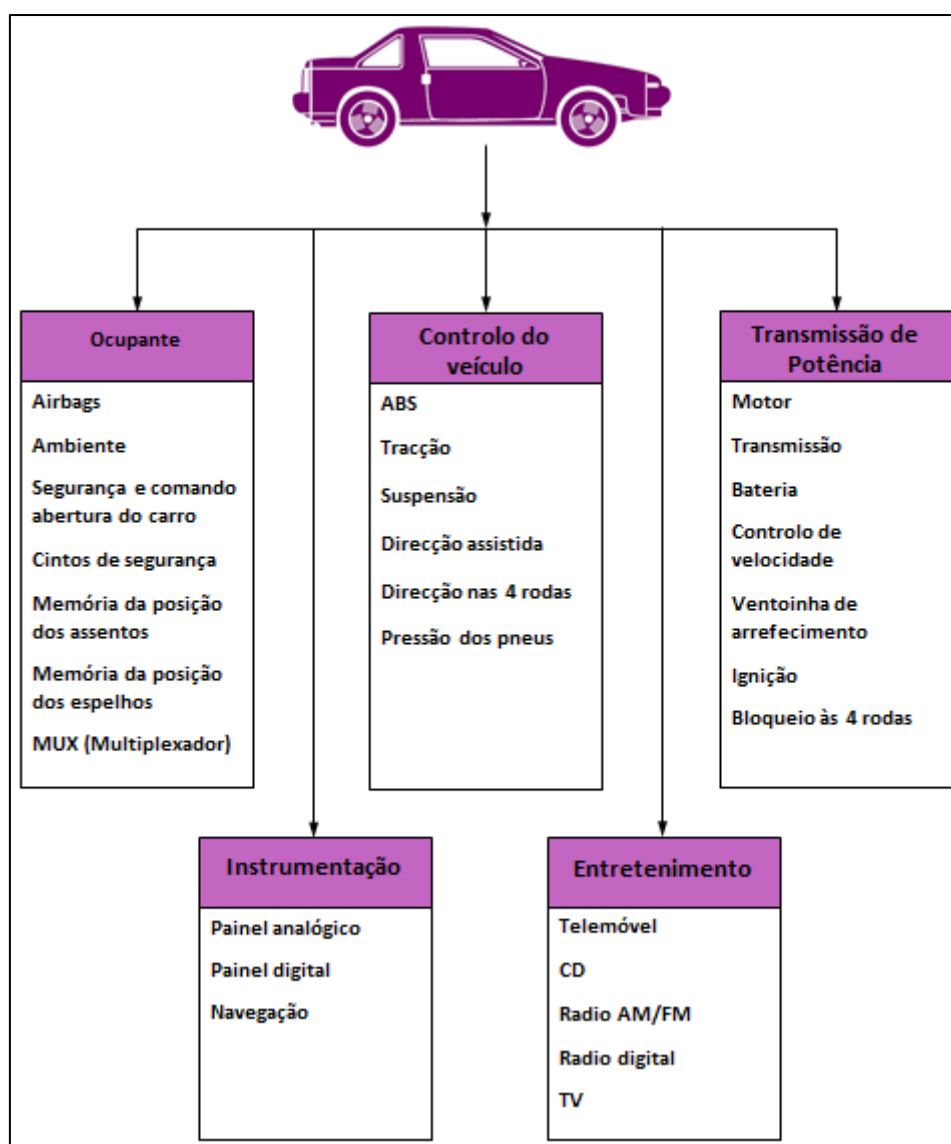


Figura 21 – Componentes de um automóvel com dependência electrónica (Adaptado de Rizzoni, 2005).

Para implementar um processo de controlo sobre a produção de um determinado produto, o computador deve recolher informação e transmitir informação em tempo real, para informar o estado de todo o processo. Estes sistemas informáticos recebem os dados através de componentes electrónicos (exemplo: sensores), que registam e transmitem informações do estado físico dos sistemas. Os sistemas pneumáticos ou hidráulicos não funcionam por si só com ar ou óleo, respectivamente, necessitam também de sistemas para armazenar o fluido. Estes sistemas ou mecanismos, que têm como função o armazenamento do fluido de trabalho, são sistemas mecânicos, que por sua vez são actuados por motores eléctricos. Mais uma vez se destaca a dependência da electricidade, de toda esta cadeia de engenharia.

2.4.1. Sistemas de accionamento

De uma forma genérica, um actuador é um dispositivo que converte um sinal com origem num controlador de comando, num parâmetro físico. A mudança do parâmetro físico é normalmente mecânica, como a alteração da velocidade e da posição. É um transdutor, pois transforma um tipo de quantidade física (por exemplo: corrente eléctrica) noutra quantidade física (velocidade de rotação de um motor eléctrico).

Segundo Groover (2000), podem classificar-se os actuadores em três categorias:

- Actuadores Eléctricos – são os mais comuns, incluem motores de corrente continua e corrente alternada, motores “*steppers*” e solenóides.
- Actuadores Hidráulicos – utilizam um fluido hidráulico para operar. Normalmente aparecem associados a solicitações em que são necessárias forças consideráveis.
- Actuadores Pneumáticos – usam ar comprimido para serem actuados. Em termos de utilização em aplicações que exijam maiores forças, são mais limitados, quando comparados com os actuadores hidráulicos.

Independentemente do tipo de classificação usada nos actuadores, estes podem operar com movimentos lineares ou rotativos. Na Tabela 4, são descritos os actuadores mais usados em sistemas automáticos.

Tabela 4 – Tipos de actuadores mais utilizados em sistemas automáticos.

Tipo de actuador	Actuador	Descrição
Eléctrico	Motor de corrente contínua	Motor rotativo electromagnético, alimentado por corrente contínua (CC). Utilização muito comum como servo motor. O movimento rotativo pode ser convertido em movimento linear através de um sistema mecânico.
	Motor de indução (rotativo)	Motor rotativo electromagnético alimentado por corrente alternada (CA). Comparando com um motor de corrente contínua, este é mais barato e de construção mais simples. Também é possível converter o movimento rotativo em movimento linear.
	Motor de indução (linear)	Motor de corrente alternada com movimento linear, com capacidade para velocidades altas, precisão de posicionamento e cursos elevados.
	Interruptor relé	Interruptor que abre ou fecha em resposta a uma força electromagnética.
	Solenóide	Consiste num enrolamento de arame e um veio com duas posições. Normalmente, uma das posições é assegurada por uma mola, a segunda posição é garantida quando o enrolamento é energizado. O mais comum é encontrar solenóides com movimento linear, mas também existem solenóides com movimento rotativo.
	Motor “Stepping”	Motor rotativo electromagnético. O veio roda numa proporção directa de acordo com os impulsos que recebe. Caracteriza-se por apresentar alta precisão, fácil implementação e ser compatível com sinais digitais. Nas desvantagens, temos um binário inferior em relação aos motores CC, menor velocidade e possibilidade de perder o impulso quando está em carga. Mais uma vez, o movimento rotativo pode ser convertido em movimento linear.
Hidráulico	Pistão hidráulico	O pistão dentro do cilindro exerce força e proporciona movimento linear em resposta à pressão hidráulica. Capacidade de cargas elevadas.
Pneumático	Cilindro pneumático	Mesmo conceito que o pistão hidráulico. Aqui a resposta é em função do ar comprimido.

2.4.2. Sistemas de controlo

Existe uma variedade considerável de aparelhos de medida para recolher dados dos processos de produção. Em geral, um aparelho de medida é composto por dois componentes:

- Um sensor – detecta a variável física de interesse (temperatura, força, pressão, etc.);
- Um transdutor – converte a variável física num sinal (tensão eléctrica), quantificando a variável na conversão.

Em alguns casos, o sensor e o transdutor são o mesmo dispositivo: um fim de curso que converte o movimento mecânico da alavanca para fechar um contacto eléctrico é um exemplo. Os dispositivos de medida podem ser classificados em duas categorias básicas de processamento de variáveis:

- Variáveis analógicas – um dispositivo de medida analógico emite um sinal analógico contínuo, como tensão eléctrica (termopares, extensómetros e potenciómetros). O sinal de saída do dispositivo analógico deve ser convertido num sinal digital, por intermédio de um dispositivo de conversão;
- Variáveis discretas – um dispositivo de medida discreta emite sinais de saída que só podem conter certos valores. Podem ser divididos em duas subcategorias:
 - Sinal binário – produz um sinal *on/off*. A maior parte dos dispositivos operam ao fecharem um contacto eléctrico que está normalmente aberto (fins de curso, sensores fotoeléctricos, interruptores de proximidade);
 - Sinal digital – emite um sinal digital que representa a quantidade que deve ser medida (série de impulsos que são contados num *encoder* óptico).

Tabela 5 – Aparelhos de medida mais comuns usados na automação (Groover, 2000).

Aparelho de medida	Descrição
Acelerómetro	Dispositivo analógico usado para medir a aceleração e impactos. Pode ser baseado em vários fenómenos físicos.
Amperímetro	Dispositivo analógico que mede a intensidade de uma corrente eléctrica.

Interruptor bimetalico	Interruptor (binário) que usa uma bobina bimetalica para abrir e fechar um contacto eléctrico em resposta a uma variação da temperatura. A bobina bimetalica é constituída por duas tiras de metal, ligadas, com diferentes coeficientes de expansão.
Termómetro bimetalico	Dispositivo analógico constituído por uma bobina bimetalica, que muda de forma em resposta a uma variação de temperatura. A alteração da forma pode ser calibrada para indicar a temperatura.
Tacómetro CC	Dispositivo analógico que consiste num gerador de corrente continua, que produz uma tensão eléctrica proporcional a uma velocidade angular.
Dinamómetro	Dispositivo analógico usado para medir força, potência ou binário. Pode ser baseado em vários fenómenos físicos (ex.: extensómetro, efeito piezoeléctrico)
Transdutor de nível	Bóia ligada a um braço de uma alavanca. O movimento basculante da alavanca pode ser usado para medir o nível de um líquido num recipiente (dispositivo analógico) ou para actuar um interruptor (dispositivo binário).
Sensor de fluxo para líquidos	Dispositivo analógico de medida do fluxo de um líquido, normalmente baseado na diferença de pressão entre o fluxo de dois tubos com diferente diâmetro.
Interruptor de fluxo para líquidos	Interruptor (binário) similar ao interruptor fim de curso, mas neste caso o interruptor é actuado pelo aumento da pressão do fluido e não por contacto com o objecto.
Transformador diferencial variável linear	Sensor de posição analógico que consiste num enrolamento primário simples e um enrolamento secundário duplo, separados por um núcleo magnético. Quando o enrolamento primário é energizado, induz uma tensão no enrolamento secundário em função da posição do núcleo. Também pode ser adaptado para medir força ou pressão.
Interruptor de fim de curso	Sensor de contacto binário, no qual uma alavanca fecha ou abre um contacto eléctrico.
Manómetro	Dispositivo analógico usado para medir a pressão de um gás ou fluido. Baseado na comparação de pressões conhecidas e não conhecidas. O barómetro é um tipo específico de manómetro, usado para medir a pressão atmosférica.
Ohmímetro	Dispositivo analógico usado para medir resistência eléctrica.
Encoder óptico	Dispositivo digital usado para medir a posição e/ou a velocidade, consistindo num disco perfurado, que segmenta uma fonte de luz proveniente para uma célula fotoeléctrica. No movimento do disco a célula fotoeléctrica recebe a luz através dos rasgos, como uma série de impulsos. O número e a frequência dos impulsos são proporcionais à posição e velocidade do veio ligado ao disco. Pode ser adaptado para medidas lineares e angulares.
Sensor fotoeléctrico	Sensor binário (interruptor sem contacto). Consiste num emissor (fonte de luz) e um receptor (célula fotoeléctrica), accionado pela interrupção do feixe de luz. Existe dois tipos comuns: tipo transmitido, no qual o objecto interrompe o

	feixe de luz entre o emissor e o receptor; O tipo retro-reflector, no qual o emissor e o receptor estão localizados num dispositivo e o feixe de luz é reflectido por um reflector, excepto quando o objecto interrompe o feixe de luz reflectido.
Sensor fotoeléctrico (Matriz)	Sensor digital que consiste numa série linear de sensores fotoeléctricos. O conjunto de sensores estão preparados para indicar a altura ou tamanho do objecto interrompendo, não todos, mas alguns feixes de luz.
Fotómetro	Sensor analógico que mede a iluminação e a intensidade da luz.
Transdutor piezoeléctrico	Dispositivo analógico baseado no efeito piezoeléctrico de alguns materiais (ex.; quartzo), no qual é produzida uma carga eléctrica quando o material é deformado. A carga pode ser medida e é proporcional à deformação. Pode ser usado para medir força, pressão e aceleração.
Potenciómetro	Sensor de posição analógico, consistindo num resistor e um contacto deslizante. A posição do contacto deslizante determina a medida de resistência. Disponível para movimentos lineares e angulares.
Interruptor de proximidade	Sensor binário sem contacto, accionado quando a proximidade de um objecto induz alterações no campo electromagnético. Dois tipos disponíveis: indutivo e capacitivo.
Pirómetro de radiação	Dispositivo analógico de medida de temperatura que lê a radiação electromagnética na faixa do campo visível e dos infravermelhos do espectro de luz.
Termo-resistência	Dispositivo de medida de temperatura, baseado no aumento da resistência eléctrica de um material eléctrico com o aumento de temperatura.
Extensómetro	Sensor bastante usado para medir forças, binários ou pressões. Baseado na alteração da resistência eléctrica, devido à deformação de um material condutivo.
Termistor	Dispositivo analógico de medida da temperatura, baseado na diminuição da resistência de um material semiconductor com o aumento da temperatura.
Termopar	Dispositivo analógico de medida da temperatura, baseado no efeito termoeléctrico, no qual a junção de dois fios de metal diferente dá origem a uma tensão, que é função da temperatura da junção. Termopares mais comuns: chromel-alumel, ferro-constantan e chromel-constantan.
Sensor de ultrassons	O sensor mede o intervalo de tempo entre a emissão e a reflexão (do objecto) dos impulsos da alta frequência do som. Pode ser usado na medida da distância, ou apenas para indicar a presença de um objecto.

2.4.3. Sistemas mecânicos de auxílio à automação

Por vezes, a complexidade de um sistema pode ser evitada recorrendo a soluções mais simples. O tempo gasto num projecto, na procura das soluções mais simples para o desenvolvimento de sistemas ou mecanismos, ou ainda para responder a uma determinada solicitação, pode ser compensado pelo facto de ser evitado o recurso a soluções dispendiosas, como os sistemas automatizados ou robotizados.

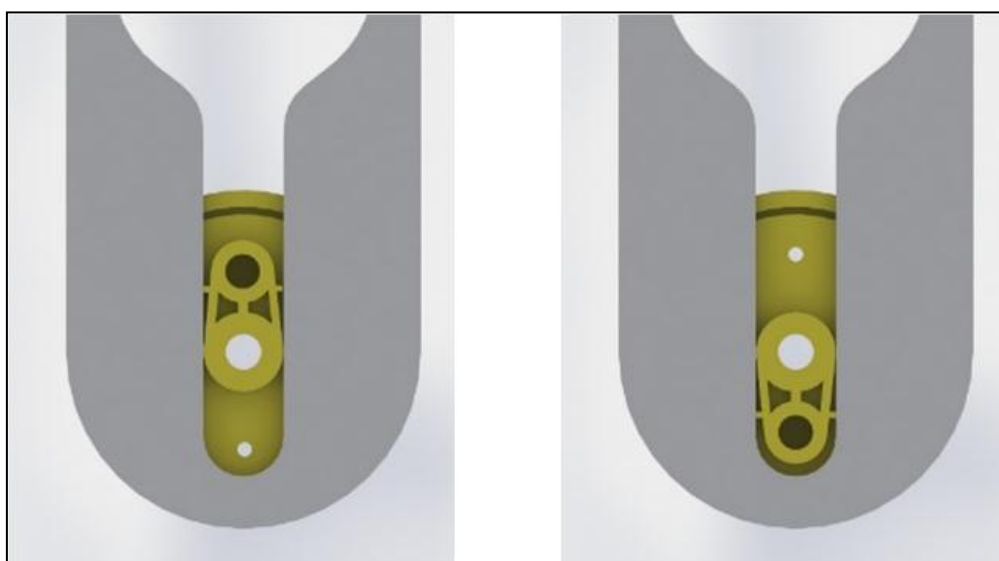


Figura 22 – Sistema de orientação de engrenagens plásticas.

Na Figura 22 está representado um exemplo desta estratégia de aproveitamento de soluções simples. Considera-se um caso de posicionamento de engrenagens plásticas, que são recepcionadas num posto para posteriores operações, numa orientação aleatória. Foram abordadas várias soluções para que fosse possível o sistema ter conhecimento da orientação das engrenagens, onde o objectivo principal era: passar de um número infinito de posições aleatórias, para um número de posições o mais reduzido possível. A solução encontrada passa por um sistema que guia as engrenagens plásticas, sendo apenas possível duas posições que diferem entre si 180°. O sistema não é mais do que uma chapa metálica com uma geometria definida para receber e posicionar as engrenagens (Brito, 2014). Fica então demonstrada a capacidade de sistemas mecânicos simples para resolução de problemas complexos.

3. Desenvolvimento

3.1. Objectivos do trabalho

Enquadramento

A introdução de um novo produto numa empresa implica um estudo aprofundado das funcionalidades e da exequibilidade de fabrico do produto. Não menos importante é o estudo do melhor processo de produção do produto, se este vai ser executado ou montado de uma forma manual, ou por um sistema automático. Caso o produto seja personalizado ou limitado a pequenas séries, é evidente que é preferível a produção manual, o que significa um menor investimento em sistemas e ferramentas. Por outro lado, caso o produto seja normalizado e produzido em grandes volumes, opta-se por um sistema automatizado.

Mesmo quando a opção é um sistema de produção automático, recorre-se numa fase embrionária ao processo manual, e só depois é estudada a viabilidade da solução automática. Torna-se então necessário adoptar uma estratégia para que esta migração seja o mais fluida possível, sem que sejam criadas entropias no desenvolvimento de todo o processo.

Groover (2000) sugere um modelo que se adequa a esta transição, quando as empresas estão perante este processo de migração (Figura 23):

- Fase 1: Produção manual. São usadas células de postos de trabalho individuais e independentes, sem grandes investimentos em ferramentas que são produzidas num curto período de tempo, para suporte ao fabrico.
- Fase 2: Produção semiautomática. Nesta fase aparecem os primeiros postos automáticos, que também operam de forma independente. O investimento é assim justificado pelo crescimento do volume de produção. Mesmo com a redução de produção manual, algumas operações de montagem e de manipulação do produto ainda são feitas manualmente (produção semiautomática).
- Fase 3: Produção automática integrada. Quando a empresa tem garantias que a produção terá um volume avultado, num período longo, é estudada a automatização

total da linha. A fase é caracterizada pela introdução de vários postos, que operam de forma contínua, com todas as operações de montagem, manipulação e transporte do produto.

A orientação deste trabalho define-se então pelo processo de migração que foi descrito anteriormente, e que pode ser enquadrado na linha de montagem em estudo.

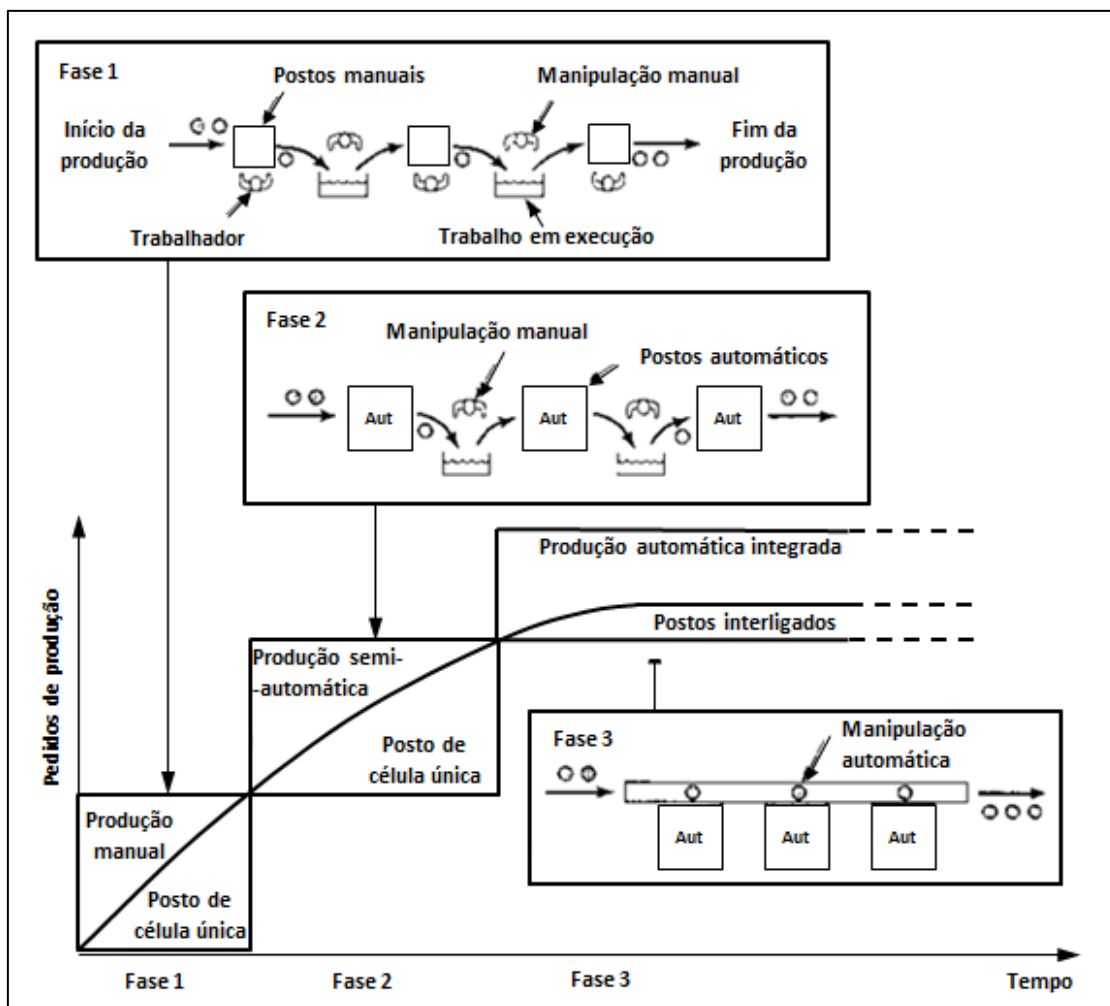


Figura 23 – Estratégia típica de migração de uma produção manual para uma produção automática integrada (Adaptado de Groover, 2000).

O caso de estudo recai sobre uma linha de produção da empresa Ficocables (ver capítulo seguinte). A linha é responsável pela montagem de um dos vários produtos fabricados pela Ficocables, as “Suspension Mat”. São componentes que fazem parte da estrutura de um banco automóvel (ver item 4 da Figura 15), com os objectivos de conferir flexibilidade ao banco, reduzir a transmissão de vibrações aos ocupantes por parte da estrutura do veículo e, aumentar o conforto.

Olhando para o processo de migração descrito anteriormente, no caso da linha IBK, não nos enquadrámos propriamente na fase 1, pois a linha já possui um certo nível de automatização, ou seja, a linha caracteriza-se por um conjunto alternado de operações manuais e automáticas (sistema semiautomático). Se por um lado temos o transporte automático entre alguns postos, por outro temos o recurso a operadores no auxílio da montagem e manipulação de alguns componentes.

Objectivo

Como a generalidade das empresas, a Ficocables tem como objectivo aumentar a produção e ao mesmo tempo reduzir os custos com os colaboradores, principalmente com os que executam tarefas repetitivas, e onde com um conjunto assertivo de sistemas e mecanismos é possível replicar esses mesmos movimentos. Mais uma vez se destaca que a redução de custos não significa “eliminar” o operador da empresa, mas sim de certa forma aproveitar e dar uma nova oportunidade ao operador para realizar tarefas com maior valor, tanto para a empresa como para o próprio operador.

O objectivo deste trabalho é então definir a melhor estratégia para fazer a “migração” de uma linha, que podemos definir como uma linha semiautomática, em que existe intervenção de mão-de-obra para completar algumas tarefas dos sistemas automáticos, para uma nova linha totalmente automática, em que a dependência do operador se resume apenas a pequenas operações de alimentação, controlo e de armazenamento do produto acabado.

3.2. Caracterização da empresa

O grupo Ficosa (Ficosa International, S.A.)

A Ficosa é uma empresa multinacional. Em 1949, Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó criaram uma oficina em Barcelona (Espanha), com o nome “Pujol i Tarrago”, dedicada a cabos mecânicos. Em 1987 foi renomeada para Ficosa International. A empresa dedica-se à pesquisa, desenvolvimento, produção e comercialização de componentes e sistemas para o sector automóvel. Conta com centros de produção, centros de engenharia e escritórios comerciais, em 19 países na Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia. A empresa afirma-se como fornecedor oficial e parceiro tecnológico de uma grande parte das empresas produtoras de veículos em todo o mundo (Figura 24). A empresa investe, todos os anos, 4% da sua facturação em actividades de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento).



Figura 24 – Presença Global do Grupo FICOSA (www.ficosa.com)

Fico Cables, Lda.

Com o objectivo de cobrir e servir o mercado global da Península Ibérica, a “Pujol i Tarrago” expandiu-se, em 1972, associando-se a uma empresa portuguesa, a Teledinâmica. A Teledinâmica situava-se numa garagem em Vila Nova de Gaia e era gerida pelo Eng.º Franco

Dias, possuindo 3 funcionários. A partir de 1980 a empresa começou a exportar para a Fiat Italiana e para outros construtores europeus. Como consequência da sua expansão, a Empresa muda-se, em 1981, para a Maia.

Em 1993, a empresa alterou o seu nome para Fico Cables, Lda. A empresa tem crescido em volume de negócios, gama de produtos e equipamentos. Actualmente, produz cabos de accionamento mecânico para aplicação em sistemas de elevadores de janela, travão de mão, acelerador, abertura de porta, *capot* e mala. Ainda na Maia, a empresa produz também grelhas para sistemas lombares de conforto (inclui as “*Suspension Mat*”).

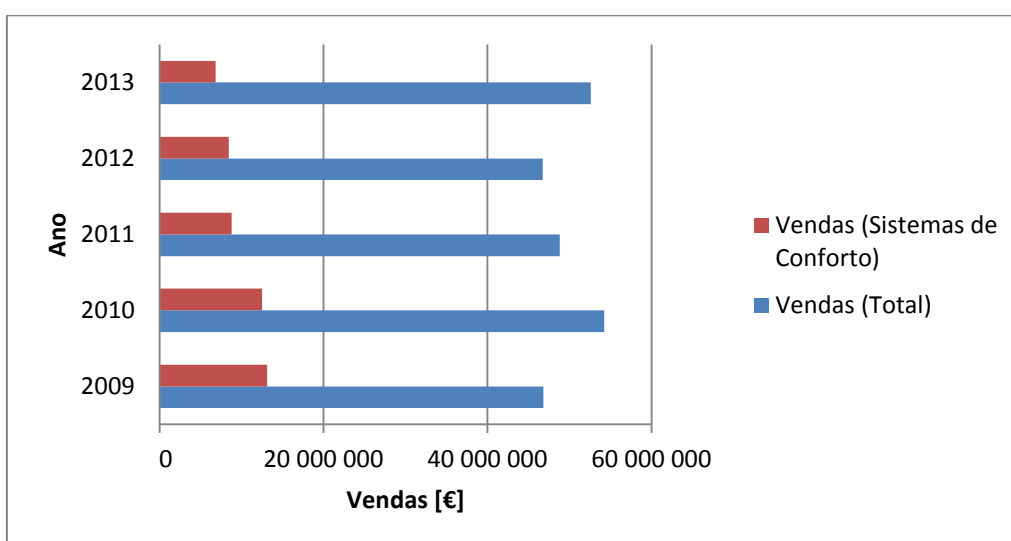


Figura 25 – Volume de vendas da Fico Cables, Lda.

A unidade portuguesa, Fico Cables Lda., tem um Capital Social de 1,75 milhões de euros. Em 2013, empregava mais de 1000 trabalhadores e facturou cerca de 53 milhões de euros (Figura 25).

Podem ser encontradas mais informações sobre a empresa em: www.ficosa.com.

3.3. Caracterização do produto

A Fico Cables é um fabricante de produtos para a indústria automóvel, posicionando-se na 2ª linha de fornecimento. No caso dos produtos de conforto, a Fico Cables fornece clientes que estão na 1ª linha de fornecimento, como a BROSE, a FAURECIA ou a JOHNSON CONTROLS, que por sua vez fornecem as empresas OEM's, como por exemplo a BMW e a MERCEDES (Figura 26).

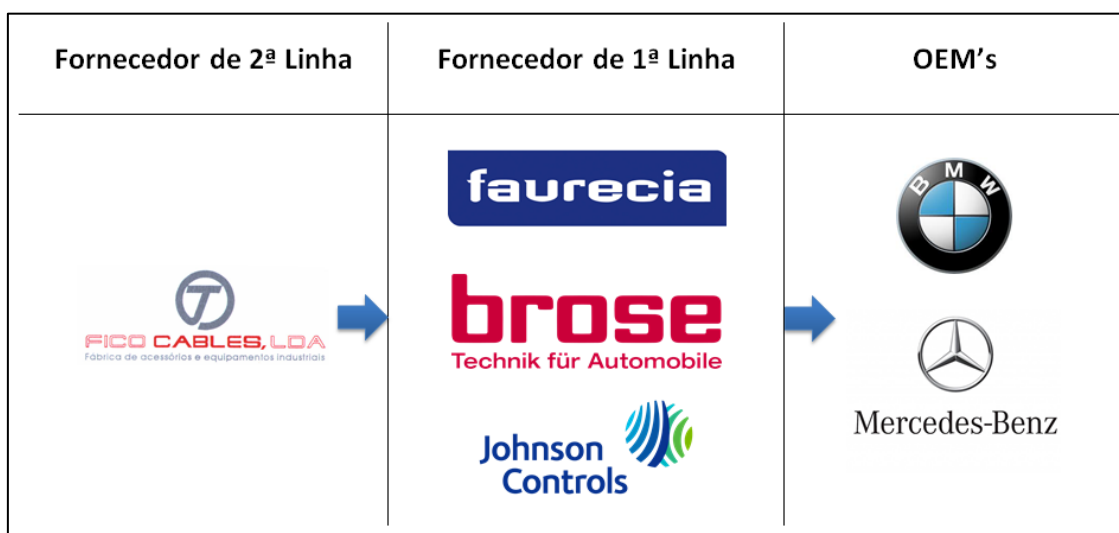


Figura 26 – Posição da FicoCables, Lda. na cadeia de abastecimento das OEM's.

A “*Suspension Mat*”, designada a partir de agora por SM, faz parte do grupo de componentes sistemas de conforto, que são fabricados pela Fico Cables. As SM's equipam o banco de um veículo (Figura 27), e é de todo o interesse que um fabricante de veículos se preocupe, para além da segurança, com o conforto que um cliente possa exigir. No caso particular em estudo são considerados dois modelos de SM, denominados por *Lordose* e *Massage*, os quais apenas diferem em um componente, o subconjunto do arame inferior (ver balão ⑥ na Figura 28 e na Figura 29).

A SM é constituída por vários componentes, obtidos por fio de arame aço mola, mas que variam na sua forma geométrica e tamanho. É sobre este produto que recai o objectivo de estudo deste trabalho. De uma forma resumida, a SM, nos dois modelos, é constituída por 5 componentes, 1 subconjunto e um acessório de fixação (Figura 28 e Figura 29):



Figura 27 – Localização da “Suspension Mat” num banco (BROSE).

A espinha central da SM é composta pelos arames de aço mola identificados na Figura 28 e na Figura 29, com os balões ②, ③ e ④ e pelo tubo central (balão ⑤), que pode ser em polietileno ou polipropileno (PE ou PP, respectivamente), com diâmetro exterior de 5 mm e diâmetro interior de 3.25 mm. Os arames que são transversais ao tubo (arames horizontais ②, ③ e ④) têm um diâmetro de 2 mm.

Dos 8 arames horizontais que constituem a espinha, 2 possuem comprimento diferente (arame superior e arame central, balão ② e ③, respectivamente). Verifica-se esta diferença dimensional pelo facto destes arames sofrerem operações de conformação, para formar os ganchos de fixação da SM no banco do veículo. Estas operações serão detalhadas no capítulo seguinte.

A espinha confere a flexibilidade desejada ao conjunto final. Nas laterais da espinha estão montados dois arames em aço mola de 3.4 mm de diâmetro, que são revestidos por um tubo de polipropileno, ficando com um diâmetro final exterior de 4.5 mm (balão ①). Os arames verticais unem e uniformizam o movimento que a espinha possa sofrer, fornecendo a estabilidade e rigidez suficientes ao conjunto final.

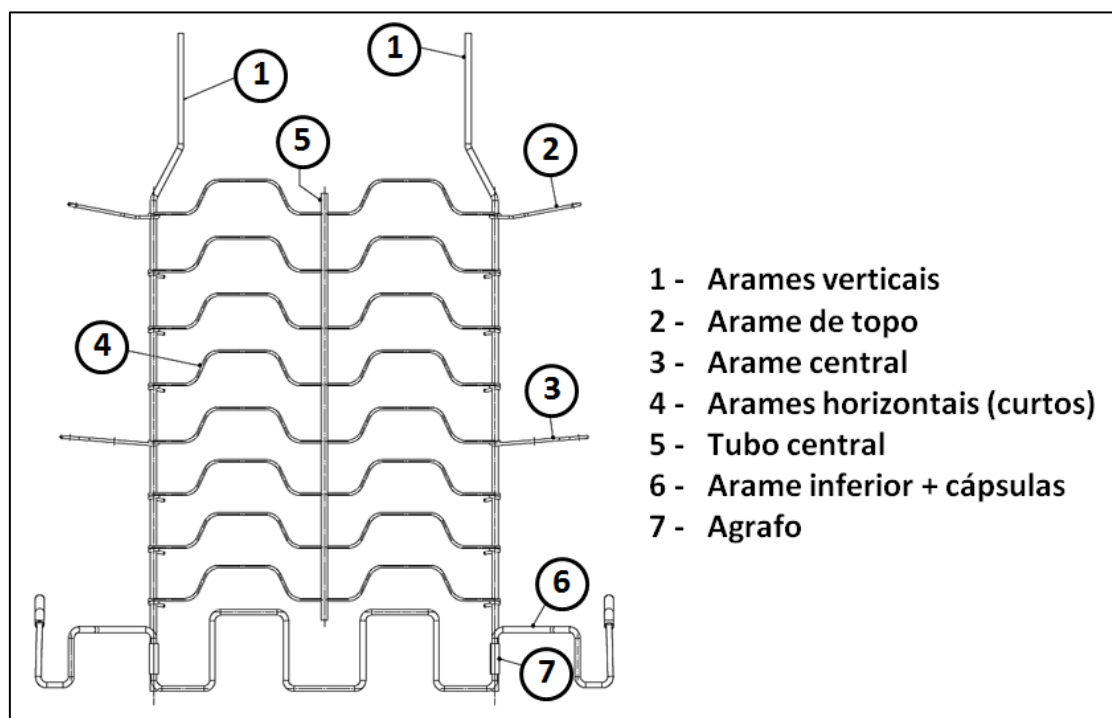


Figura 28 – Representação do modelo *Lordose*.

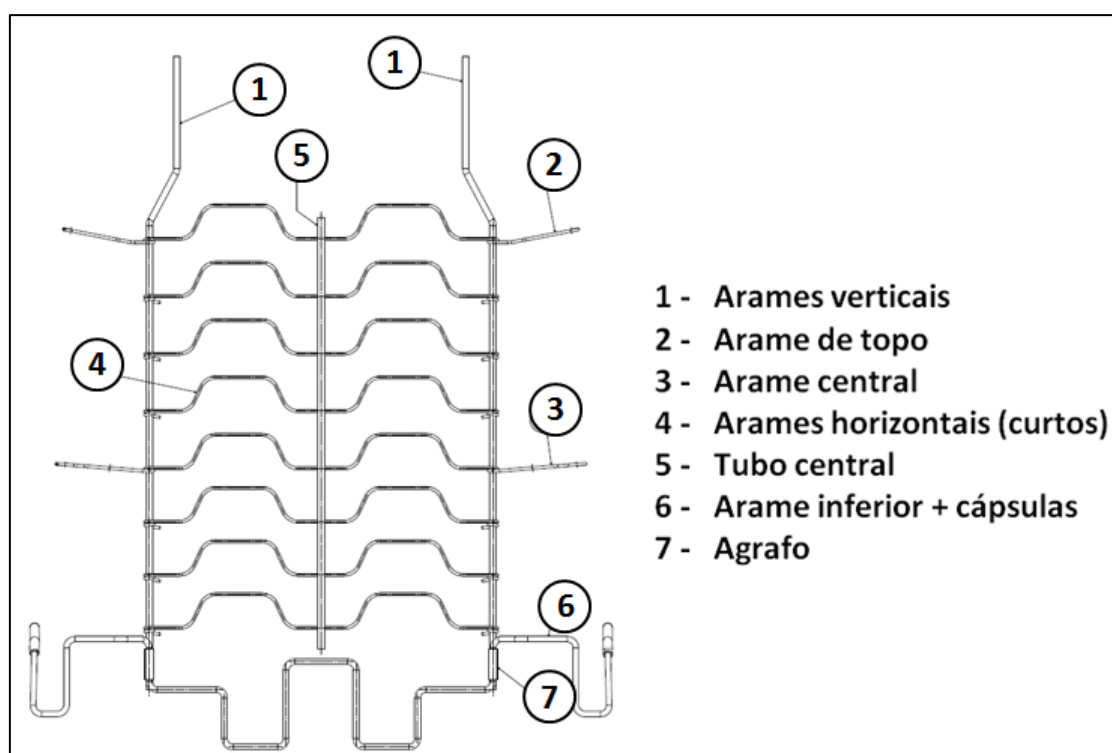


Figura 29 – Representação do modelo *Massage*.

O subconjunto do arame inferior (balão ⑥) é constituído por um fio de arame de aço mola de 4 mm de diâmetro e por 2 cápsulas em TPU (Poliuretano Termoplástico), que estão montadas nas extremidades do arame. Estas cápsulas têm como função a protecção das arestas vivas do arame inferior.

A ligação entre o conjunto do arame inferior e o conjunto da espinha com os arames verticais é realizada através de agrafos de aço (Figura 30), identificados pelo balão ⑦ na Figura 28 e na Figura 29.

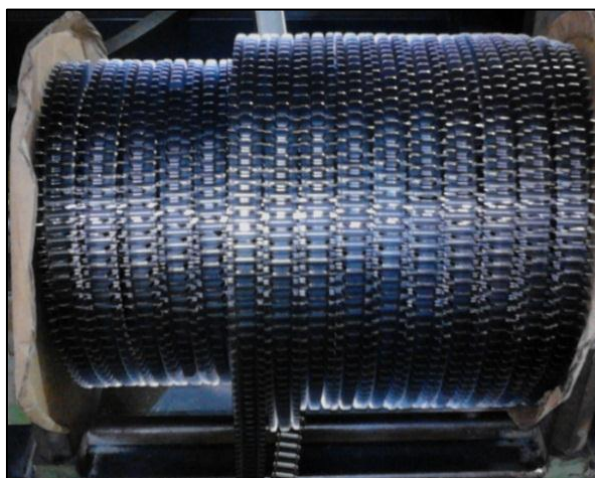


Figura 30 – Rolo dos agrafos de ligação.

3.4. Caracterização do processo

No início do caso em estudo, a linha IBK contava com 6 postos com operações de montagem e conformação, em que dois dos mesmos (Posto de enrolamento e Posto dos agrafos), necessitavam de intervenção de operadores, para completar as tarefas relacionadas com a montagem da SM, Figura 31 e Figura 32. A manipulação dos materiais é feita de forma manual entre:

- Posto dos arames verticais ① e o posto de enrolamento ③;
- Posto de espinha ② e o posto de enrolamento ③;
- Posto dos ganchos ⑤ e o posto de agrafos ⑥.

E é feita de forma automática entre:

- O posto de enrolamento ③, posto dos castelos ④ e posto dos ganchos ⑤.

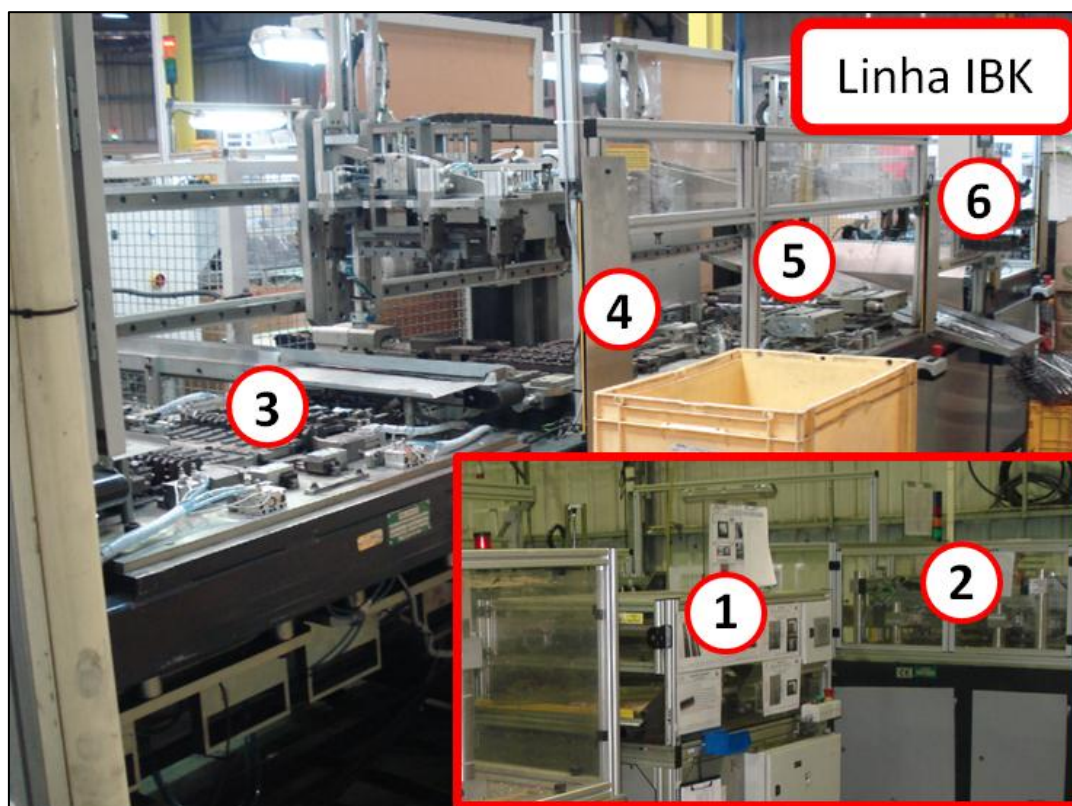


Figura 31 – Vista geral da linha IBK + Posto de espinha + Posto de arames verticais (Ver legenda da Figura 32).

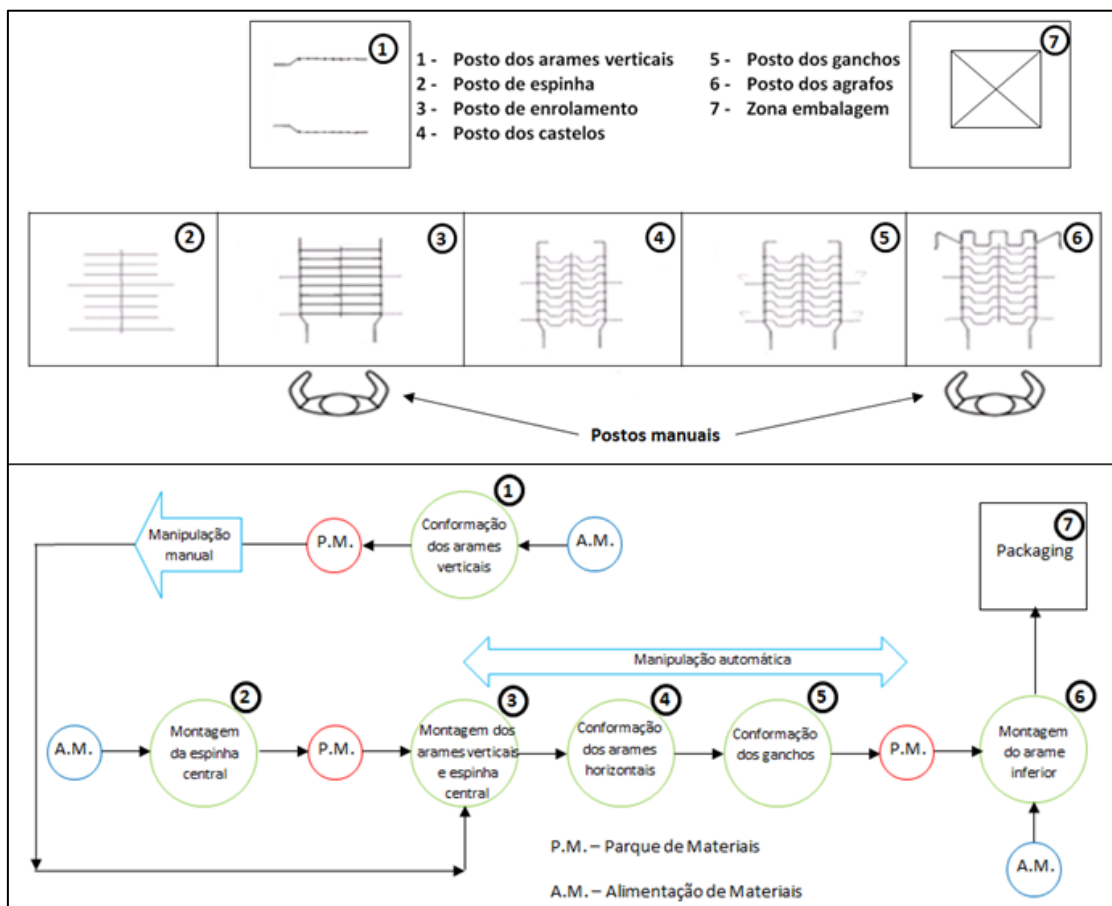


Figura 32 – Layout e fluxo do processo de montagem de uma SM (Layout actual).

Na parte superior da Figura 32 está definido o layout actual da linha IBK, e são identificados os locais onde é necessária a intervenção de dois operadores (Postos manuais). Já as principais operações e a identificação dos locais onde é feita a alimentação dos materiais e o parque das SM's, em montagens intermédias, estão identificadas na parte inferior da Figura 32. O quadro da Tabela 6 reflecte, de forma resumida, as operações que são executadas nos vários postos para se fabricar uma SM.

Para uma melhor interpretação do processo de montagem da SM, a caracterização do processo é dividida em tópicos:

- Postos de montagem e conformação;
- Conjunto de manipulação automática.

Em cada tópico é feita uma descrição, assim como a identificação do nível de automação de cada posto e a sua dependência em relação aos demais postos, referindo como é feito o transporte e a manipulação dos componentes.

Tabela 6 – Quadro resumo das operações durante a formação de uma SM.

ITEM	POSTO	COMPONENTES	DESCRIÇÃO
1	Posto dos arames verticais.	Arame Vertical	Conformação do arame vertical.
2	Posto de espinha.	Arame superior de fixação; Arame intermédios; Arame central de fixação; Tubo central.	Introdução dos arames no tubo de polietileno, que forma a espinha.
3	Posto de enrolamento.	-	Enrolamento dos arames da espinha nos arames verticais.
4	Posto dos castelos.	-	Conformação dos arames da espinha numa configuração definida por uma matriz.
5	Posto dos ganchos.	-	Enrolamento de ganchos em dois arames da espinha (estes arames são mais compridos que os restantes arames que constituem a espinha).
6	Posto dos agramos.	Subconjunto do arame inferior; Abraçadeira (agrafo).	Fixação do arame inferior na espinha com os arames verticais.
7	Posto de embalagem	-	Embalagem do produto final.

Posto dos arames verticais – ①

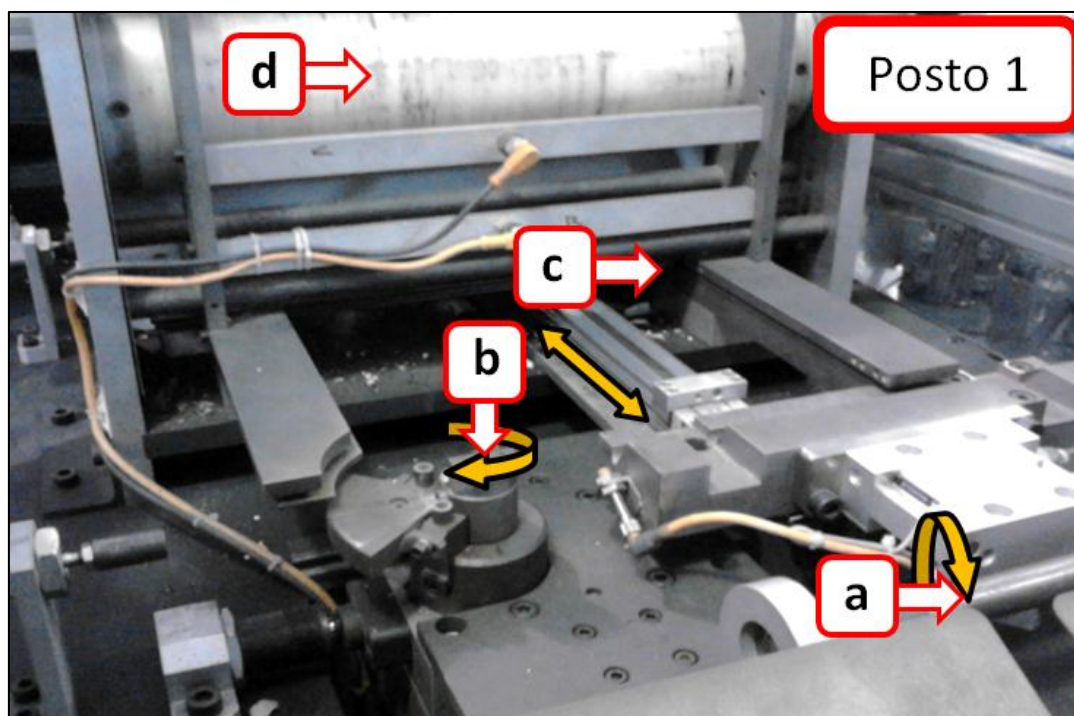


Figura 33 – Posto dos arames verticais (Ver legenda na Figura 34).

Este posto (Figura 33 e Figura 34) é responsável pela conformação dos dois arames verticais revestidos, por PP ou PE, que são depois montados juntamente com a espinha. No posto são feitas as operações de conformação de forma automática, sendo previamente alimentada por um colaborador que coloca os arames já cortados com a dimensão correcta, no alimentador do posto (d). É usado um sistema “passa / não passa”, isto é, um mecanismo com uma geometria definida para deixar passar apenas um arame e reter os restantes. Neste caso um cilindro pneumático sem haste faz deslocar uma chapa (c) com espessura ligeiramente superior à de um arame, que é guiada e que se desloca de forma transversal à conformação do arame. Por cada vez que a chapa se desloca, o mecanismo apenas deixa passar um arame de cada vez, alimentando o local de conformação alternadamente.

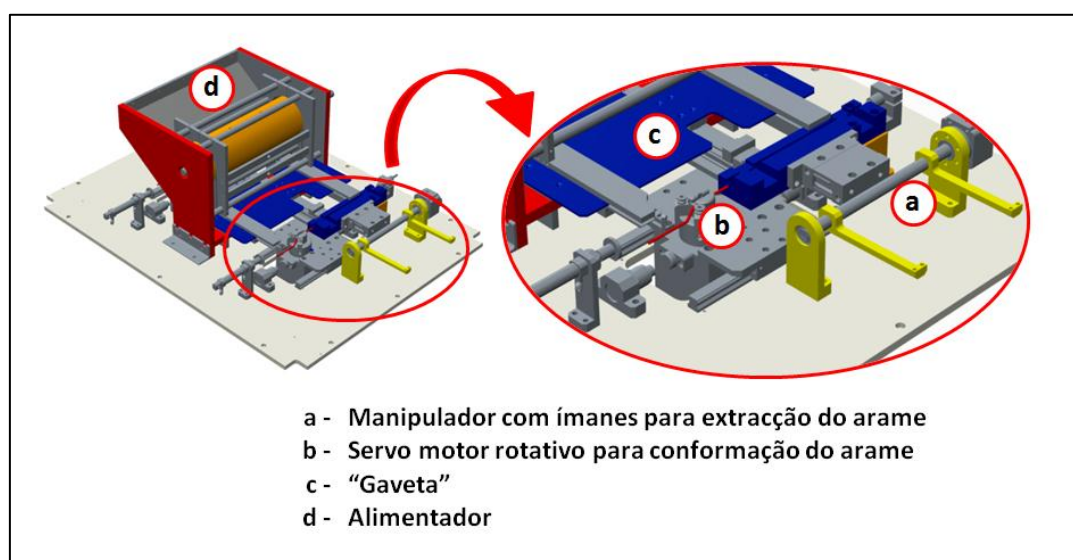


Figura 34 – Posto de arames verticais (Pormenores).

A dobragem / conformação do arame é feita por um servo motor (b) que, com um controlo correcto, faz as duas dobragens necessárias. Para retirar o arame do posto, são actuados manipuladores (a), que possuem ímanes, e que retiram os arames para o exterior do posto. Este manipulador tem um movimento rotativo de 180° em torno de um eixo, accionado por um motor. Os arames são libertados num recipiente, de uma forma aleatória, colidindo num batente (que não está representado na figura), que separa o arame dos ímanes do manipulador. Por ser um posto independente, o transporte dos arames para o posto seguinte (posto de enrolamento) é feito por um colaborador (manipulação manual). O colaborador aloca o recipiente com os arames verticais junto ao posto de enrolamento, para posterior montagem.

Posto de espinha – ②

A espinha central da SM é montada neste posto, representado na Figura 35 e Figura 36. A alimentação dos arames é feita num reservatório dividido em três secções (b), cada secção correspondente a arames de comprimentos diferentes. Os arames são previamente cortados numa “guilhotina”, com as três dimensões diferentes (conforme já referido no capítulo anterior a espinha possui três arames horizontais: intermédios, superior e central de fixação).

O reservatório dos arames é composto por um sistema de alimentação “passa / não passa”, ligeiramente diferente ao usado no posto de arames verticais, mas com a mesma filosofia. Este mecanismo deposita os arames suficientes para executar uma espinha numa mesa com canais (c), com as distâncias definidas para cada comprimento diferente dos arames.

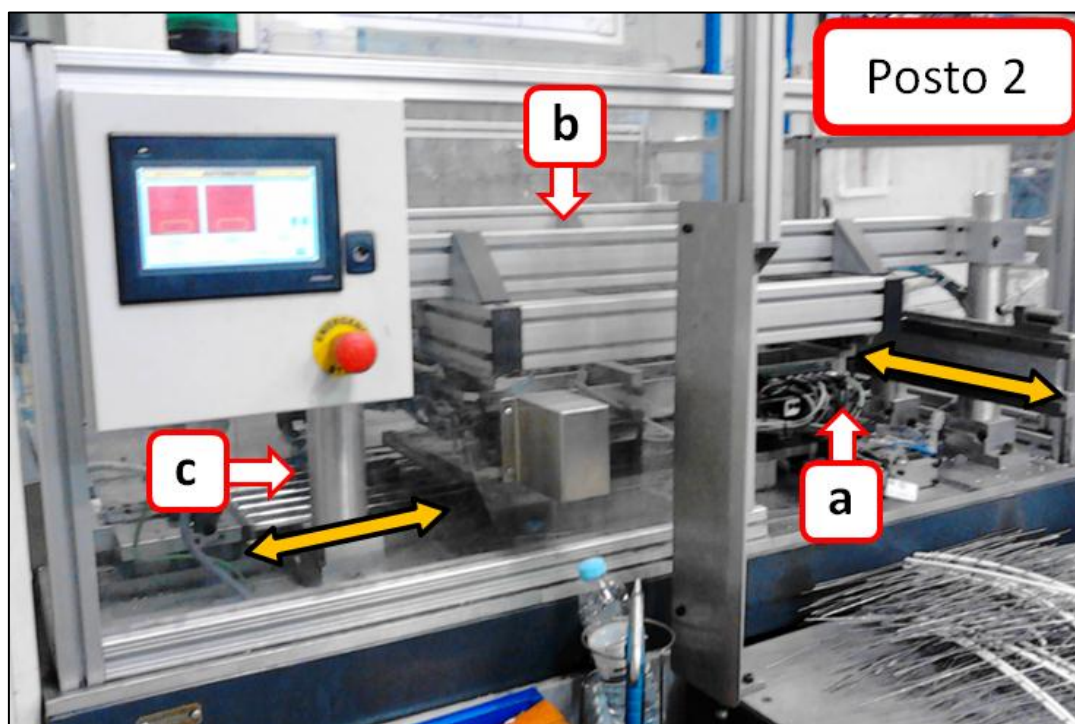


Figura 35 – Posto de espinha (Ver legenda na Figura 36).

O manipulador (a) é posicionado no final da mesa, que para além de auxiliar a introdução dos arames, também ajuda o guiamento do tubo central. Após o fecho, efectuado pelo manipulador, é actuado um mecanismo de rodas dentadas (d), que por atrito faz desenrolar o tubo de PP ou PE que suporta os arames horizontais (Figura 37).

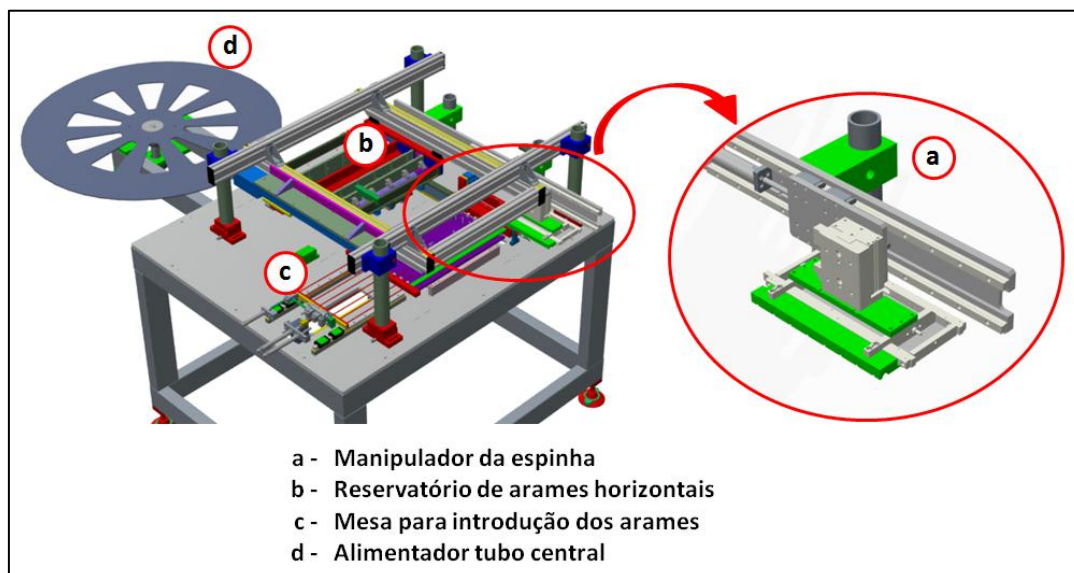


Figura 36 – Posto de espinha (Pormenores).

Com as partes integrantes da espinha (tubo e arames horizontais) na posição definida, é feita a introdução dos arames no tubo. Os arames perfuram o tubo de forma a ficarem posicionados e fixos através da deformação provocada pela perfuração (Figura 37). A posição do tubo central é sempre mantida pelo manipulador até o final da introdução dos arames. Concluída a introdução dos arames, o manipulador retira a espinha para fora do posto. As espinhas montadas são colocadas numa área de forma aleatória, junto à saída do manipulador (Figura 35 (a)), sendo posteriormente retiradas para o posto de enrolamento (manipulação manual).

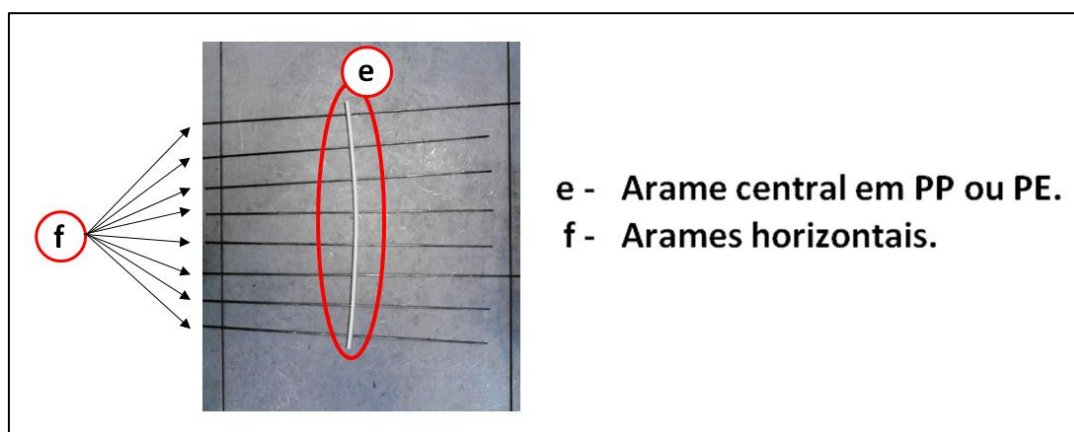


Figura 37 – Espinha central após montagem no posto de espinha.

Conjunto de transporte

Na linha IBK existe um conjunto de transporte que faz a manipulação entre as várias operações que são executadas nos postos de enrolamento, dos castelos e dos ganchos. Este conjunto de transporte é constituído por três manipuladores com uma configuração similar, mas com funções distintas. Essas funções variam conforme a interligação que cada manipulador faz com os postos.

Independentemente das funções que cada manipulador executa, estes têm todos em comum “grippers” (garras), que têm como função retirar, transportar e repor as espinhas nas várias etapas de conformação, entre postos (Figura 38). As garras são constituídas por um sistema de elementos mecânicos (f) e por um cilindro pneumático (e), que ao actuar, no sentido longitudinal, faz com que garras se fechem e se movimentem no sentido transversal ao eixo do cilindro. A recolha do cilindro faz o movimento inverso, ou seja, abre as garras.

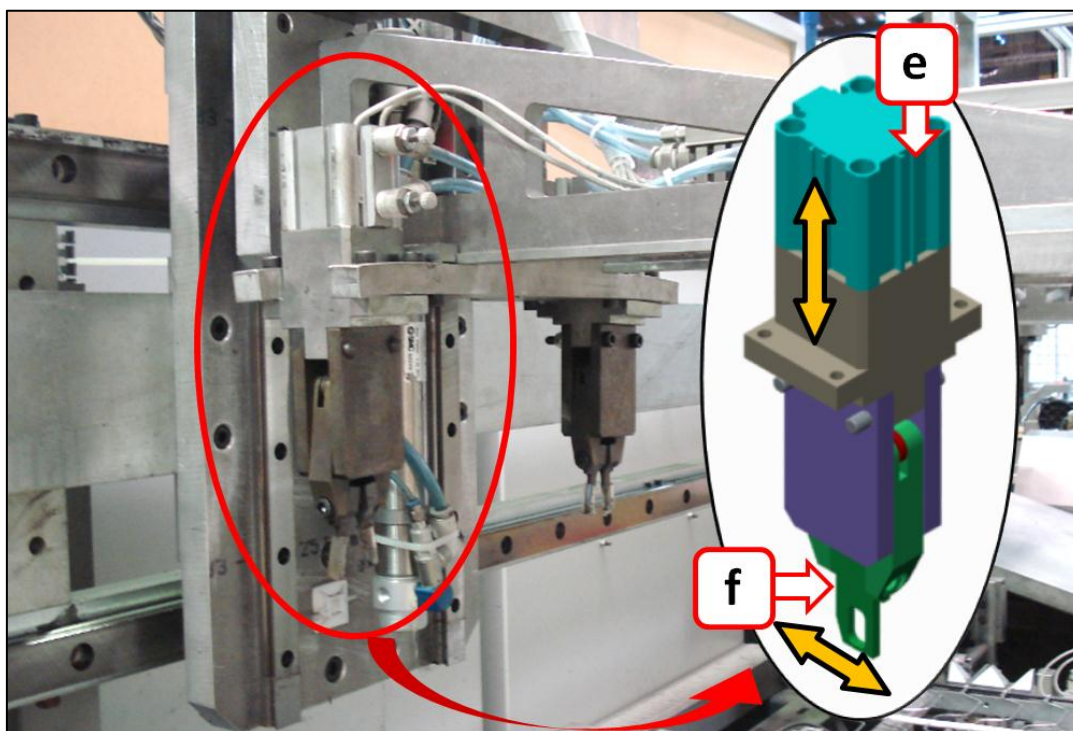


Figura 38 – Conjunto de transporte (Pormenor da garra).

Os três manipuladores são solidários entre si, actuando ao mesmo tempo através de um mecanismo correia / motor. Na Figura 39 estão representados os manipuladores que

constituem o conjunto de transporte automático da linha. Ao mesmo tempo que é feito o enrolamento dos arames horizontais nos arames verticais, é executada a conformação dos castelos e dos ganchos nos respectivos postos. No final das operações o conjunto de transporte actua. O primeiro manipulador (a) permite a recolha e deslocamento da montagem intermédia da espinha, do posto de enrolamento para o posto dos castelos, o segundo manipulador (b) desloca a espinha para o posto dos ganchos e por fim, o terceiro manipulador (c) retira a espinha, com os ganchos conformados, para uma zona livre, onde é posteriormente solta de uma forma aleatória.

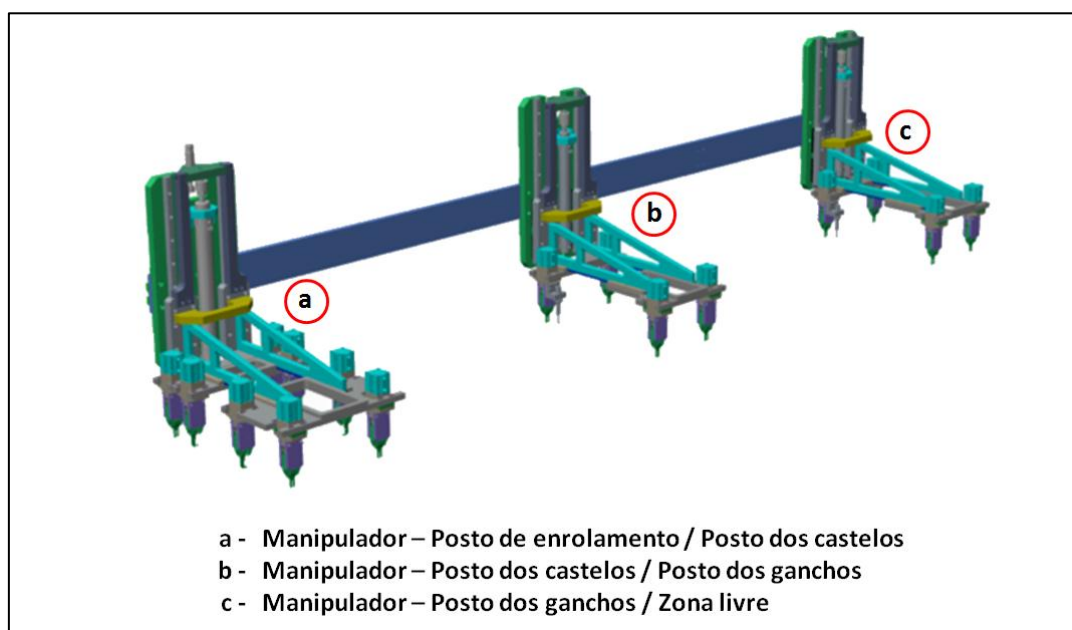


Figura 39 – Conjunto de transporte (O conjunto de transporte é constituído por três manipuladores).

Esta é a única situação em que a manipulação entre postos é feita de uma forma automática, já que todas as restantes manipulações, entre os demais postos, são executadas manualmente.

Posto de enrolamento – ③

Podemos considerar este posto, tal como o primeiro da linha IBK, com montagem semiautomática, onde se encontra um operador a auxiliar a montagem dos componentes.

Aqui, o operador é responsável pela inserção dos dois componentes, arames verticais e espinha central, pertencentes aos postos anteriores, posto de arames verticais ① e posto de espinha ②. O produto final, após o enrolamento dos arames horizontais (b) nos arames verticais (a), é uma montagem intermédia da SM (c) (Figura 40).

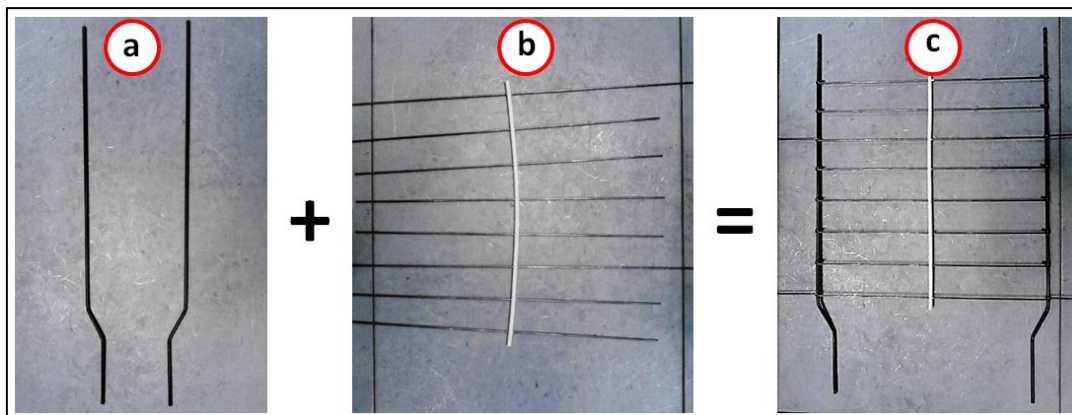


Figura 40 – Montagem intermédia da SM: Arames verticais + Espinha central.

Estando as condições de segurança garantidas, o operador dá ordem para que seja executado o enrolamento dos arames de uma forma automática (Figura 41). Antes de se colocar a espinha central, são colocados os arames verticais (ver Figura 42). Os arames verticais são colocados ao longo de um conjunto de rodas dentadas com um canal para a passagem do arame vertical (e) que estão solidárias com um disco rotativo com pino saliente para enrolamento do arame (d). Ao colocar o corpo da espinha, os arames horizontais

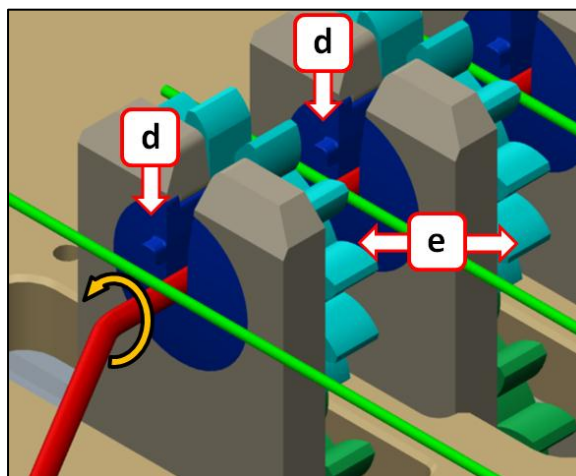


Figura 41 – Pormenor do enrolamento dos arames horizontais nos arames verticais

ficam sobrepostos aos arames verticais e de baixo do pino. O conjunto solidário (d) + (e) é actuado, rodando em torno do seu próprio eixo. Como o pino está excêntrico relativamente ao disco, a rotação deste último faz enrolar os arames horizontais em torno dos arames verticais.

Considera-se este posto como um posto semiautomático, pois é necessária a acção externa de um operador para que seja executada a tarefa completa do posto. Foi neste posto que se

procedeu, numa primeira fase, à optimização da linha, ou seja, ao estudo de soluções para uma manipulação automática, dando início à migração para um posto totalmente automatizado. As respostas às necessidades para completar esta migração serão discutidas nos capítulos seguintes.

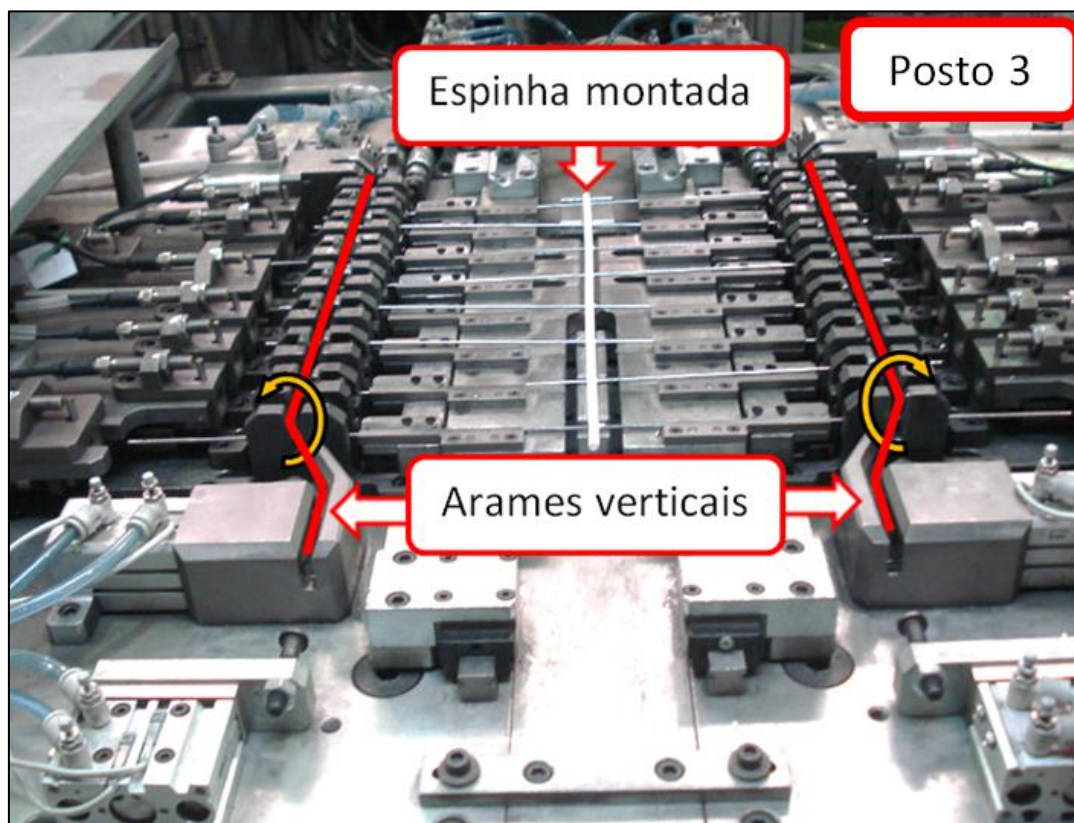


Figura 42 – Posto de enrolamento.

Posto dos castelos – ④

Este posto é caracterizado por ser totalmente automatizado, não sendo necessária a intervenção de um operário, tanto para fazer montagens, como para fazer manipulação de componentes. Assim, a função do posto dos castelos é receber a espinha e deformar os arames horizontais plasticamente. Na Figura 43, é perceptível a transformação permanente dada ao nível dos arames horizontais. Esta configuração é definida pelo desenho técnico do cliente.

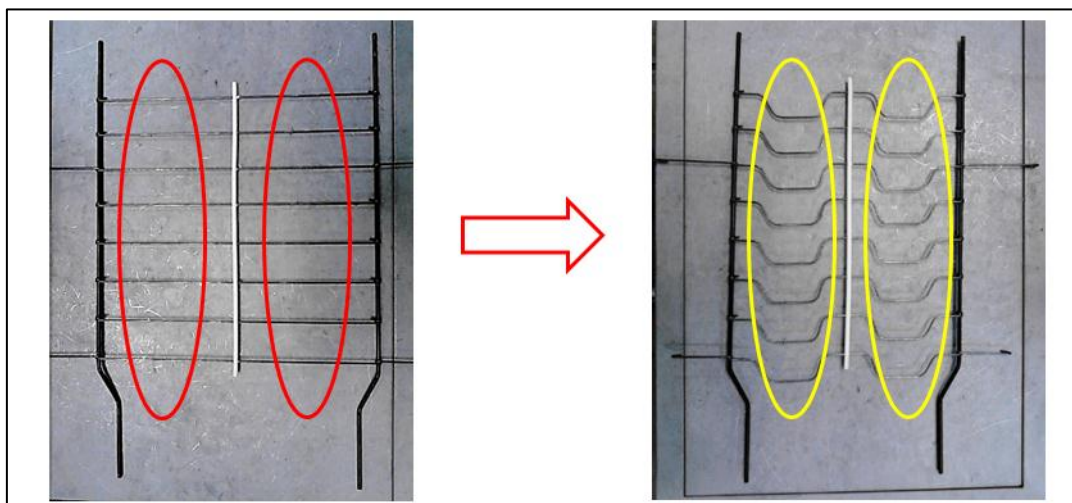


Figura 43 – SM após conformação no posto dos castelos.

Um conjunto de componentes, ligados por pinos, formam um mecanismo flexível, ao ponto de que quando os cilindros pneumáticos, (Cv) e (Ch), identificados na Figura 44, estão recolhidos abrem a matriz para receber a espinha. Com a alocação da espinha no posto, e confirmado o seu correcto posicionamento, os cilindros actuam, de forma sincronizada, e deformam os arames. Os cilindros estão posicionados transversalmente entre si.

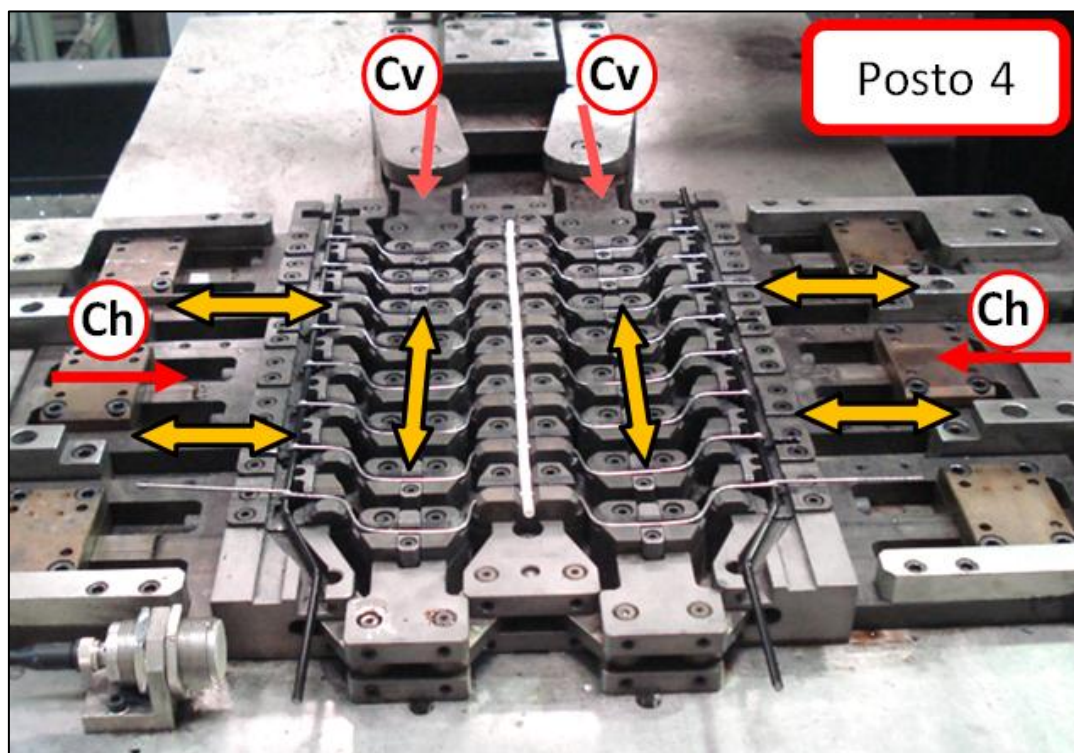


Figura 44 – Posto dos castelos.

A manipulação da montagem intermédia realizada neste posto é executada pelo segundo manipulador, solidário ao conjunto de transporte, que retira e desloca a espinha para o posto posterior, referente aos ganchos.

Posto dos ganchos – ⑤

A conformação parcial dos arames de suporte (central e superior) é executada neste posto (Figura 45). Cada gancho, num total de 4 por SM, é deformado por intermédio de um pino excêntrico com um disco rotativo (similar ao componente descrito anteriormente no posto de enrolamento). Este “cabeçote” faz parte de um mecanismo que está sincronizado com um cilindro pneumático. Cada cilindro é composto por hastes de cursos bem definidos, para que se possa proceder à conformação plástica do arame de acordo com o desenho do cliente (Figura 46). Estes ganchos têm como função o suporte e ligação à estrutura do banco do carro, conferindo uma ligação flexível, capaz de absorver as vibrações transmitidas pelo veículo.

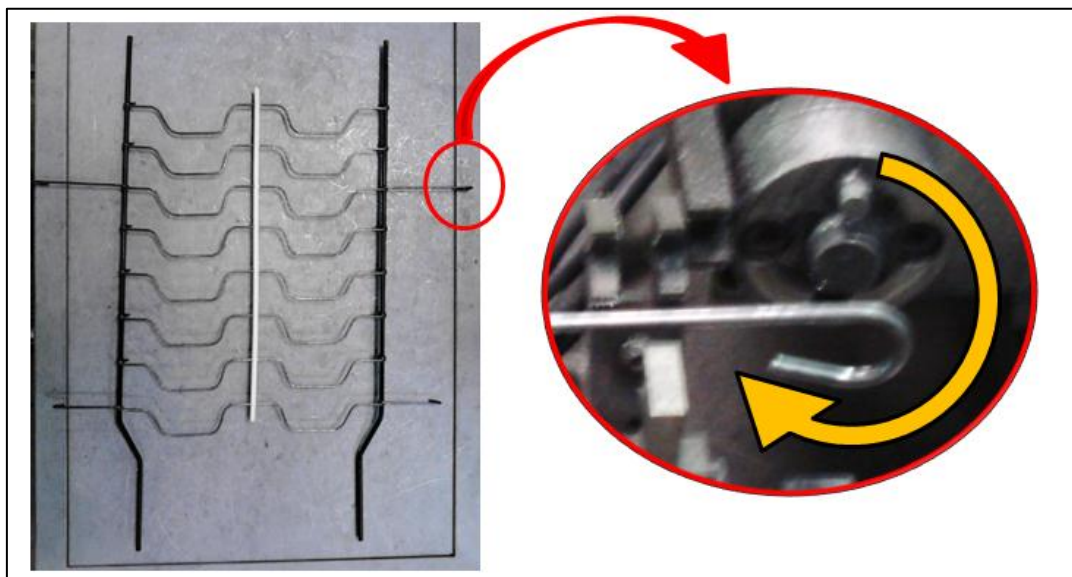


Figura 45 – SM após operação de conformação dos ganchos.

O conjunto de transporte retira a espinha do posto dos ganchos, desloca-a e solta-a para uma área sem posto de transformação, ou seja, para uma zona livre, com condições para a acomodação das montagens intermédias que saem do posto dos ganchos (a acomodação é

feita de forma aleatória). A manipulação da espinha, para o posto seguinte, posto dos agrafos, necessita da intervenção de um operador. Voltamos a ter necessidade de manipulação manual para completar a transferência entre postos.

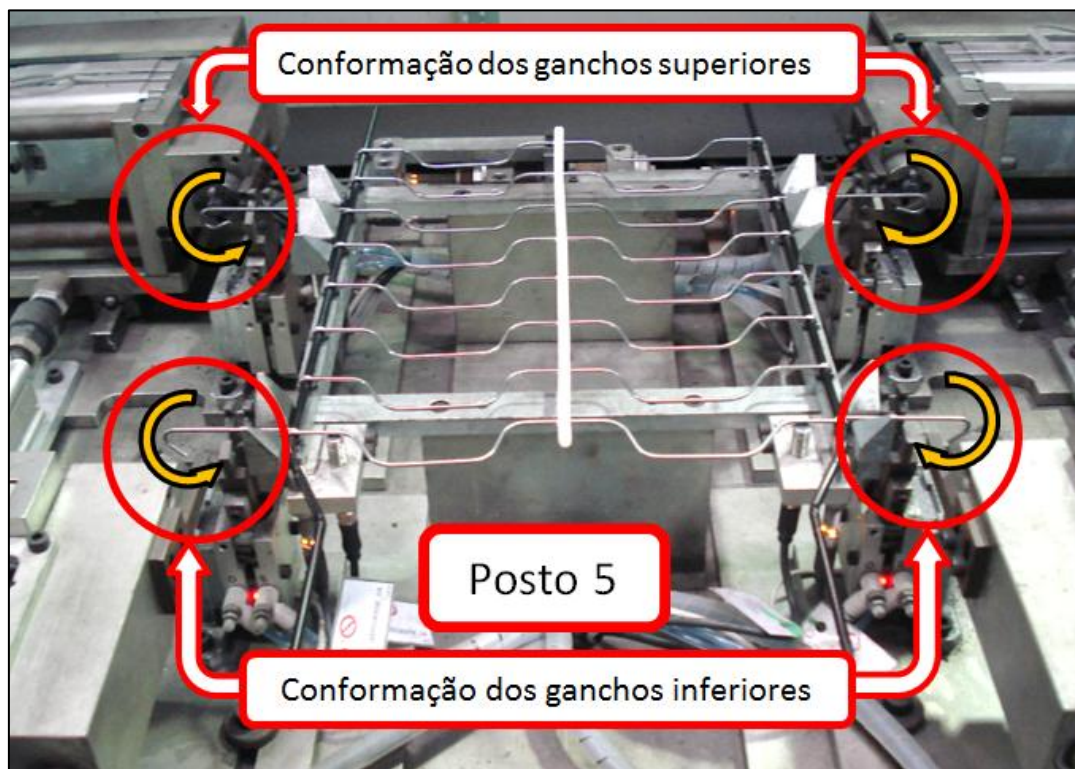


Figura 46 – Posto dos ganchos.

Posto dos agrafos – ⑥

A segunda fase de otimização é executada neste posto, segundo posto semiautomático, ou seja, no qual existe a necessidade de intervenção de um operário para completar a montagem final. Aqui, a espinha é completada pela montagem do último componente, o subconjunto composto pelo arame inferior e pelas cápsulas (montagem proveniente de outra linha). Este subconjunto está localizado junto ao operador, para que este tenha fácil acesso, evitando assim atrasos nas devidas montagens (Figura 47).

O operador recolhe o subconjunto e a espinha com a última deformação executada (conformação dos ganchos). A montagem no posto é executada respeitando a ordem de montagem, primeiro é posicionado o conjunto de espinha e depois é colocado o subconjunto.



Figura 47 – Subconjunto do arame inferior.

Com os componentes montados no posto, são realizadas as verificações de presença dos componentes através de sensores. Para além de estes verificarem a presença, também verificam o posicionamento correcto dos componentes, antes de se proceder à ordem para a ligação dos componentes (Figura 48). A ligação dos dois componentes é feita por agrafadores automáticos (Figura 49), que colocam dois agrafos no conjunto. A informação de accionamento é dada pelo operador, que só após o reconhecimento das condições de segurança é que dá essa informação.

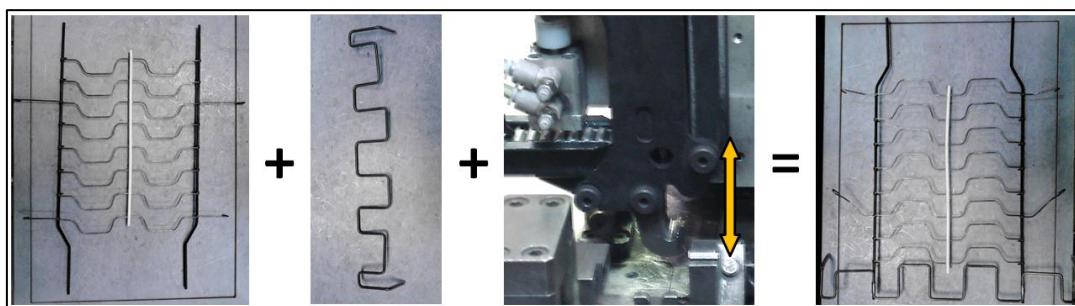


Figura 48 – Montagem no posto dos agrafos.

De forma paralela, neste posto também são feitas as restantes operações de conformação plástica nos ganchos, que por questões técnicas e funcionais não podem ser executadas no posto dos ganchos (Figura 49). De uma forma muito similar ao posto dos ganchos, um conjunto formado por um cabeçote e cilindros pneumáticos confere aos ganchos a configuração e o posicionamento final, de acordo com o desenho técnico do cliente.

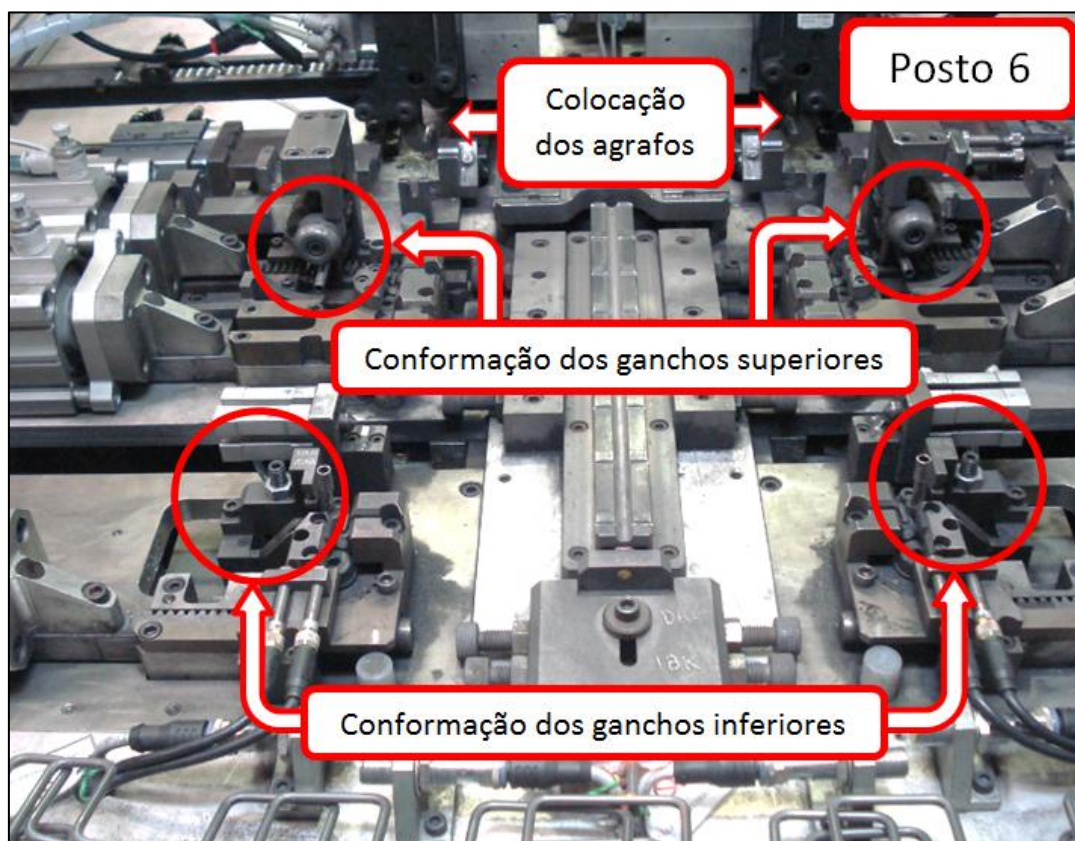


Figura 49 – Posto dos agramos.

Packaging – ⑦

Concluídas as operações relativas ao posto dos agramos, a espinha é retirada do posto pelo operador e colocada num suporte composto por duas guias. Por fim, um operador coordena o embalamento e acomodação das SM's em caixas de dois conjuntos de 25 SM's (Figura 50).

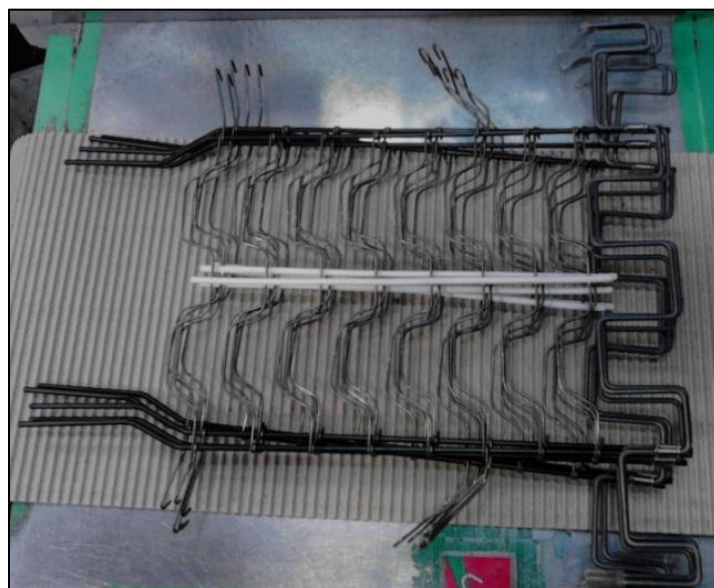


Figura 50 – Preparação do embalamento das SM's.

Controlo de qualidade

Durante a montagem / conformação da SM é feito um controlo visual de possíveis defeitos nos vários postos. Na Figura 51 estão representados alguns defeitos que podem ser encontrados durante as várias etapas da montagem da SM. Os defeitos podem ser considerados aceitáveis, ou não, conforme o tipo de defeito (Figura 51).

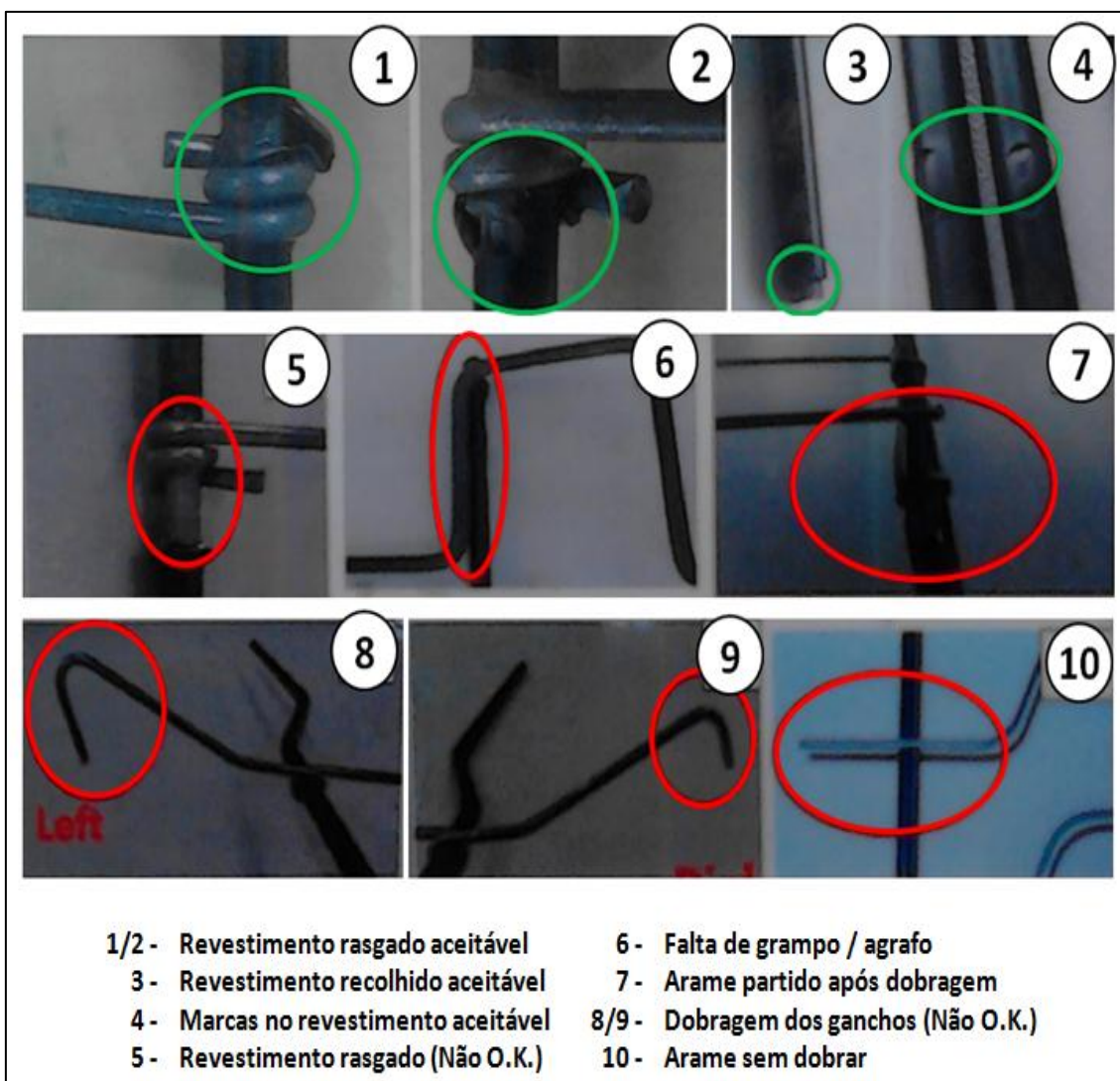


Figura 51 – Controlo de qualidade (Ajuda visual).

3.5. Caracterização do problema

Na descrição do processo, feita no ponto anterior, focou-se o nível de automatização e a dependência que a linha tem em recursos humanos para todo o processo, na montagem e na manipulação dos componentes. É com base nesta descrição que é feita a análise da linha por forma a incrementar o seu grau de automatização, e ao mesmo tempo diminuir ou mesmo eliminar a intervenção dos operadores nos processos de montagem e nas tarefas de manipulação que se verificam na linha actual.

É perceptível que a linha de montagem IBK está com uma configuração pouco eficiente:

- O posicionamento dos postos de espinha e dos arames verticais (encontram-se localizados numa área pouco funcional);
- Verificam-se operações com tempos pouco produtivos devido ao transporte manual dos componentes;
- A intervenção contínua de dois operadores, um no posto do enrolamento e outro no posto dos agrafos, consolida a suposição feita, que a linha pode ser otimizada, sendo necessária a migração da linha IBK, para uma linha totalmente automática.

Por parte da Ficocables, foram transmitidos os seguintes objectivos para aumentar a produtividade da linha:

- Tempo de ciclo → 15 segundos no máximo;
- Cadência de fabrico → 240 peças por hora;
- Mão-de-obra → 0 pessoas.

Com os objectivos estabelecidos e fazendo uma análise ao estado actual da linha, foi efectuado um levantamento das necessidades principais, para tornar possível o processo de migração do sistema actual, que se caracteriza por um sistema semiautomático, para um sistema totalmente automatizado. Assim, foram constatadas as seguintes necessidades:

- Manipulação automática dos arames verticais até ao posto de enrolamento;
- Manipulação automática da espinha para posto de enrolamento;
- Conjunto de transporte de alimentação automática entre todos os postos;

- Alimentação automática do conjunto do arame inferior no posto dos agrafos.

Na verdade verifica-se que requisitos mencionados anteriormente se desdobram em outras necessidades mais pormenorizadas, por exemplo, proceder à alimentação dos arames verticais e da espinha, para o posto de enrolamento, o que implica a necessidade de se estudar a alocação dos postos de arames verticais e do posto de espinha para uma zona estratégica, junto ao posto de enrolamento.

Estas necessidades, mais detalhadas, com base numa primeira análise, foram registadas na Tabela 7. Esta tabela tem como objectivo dar a conhecer não só a necessidade, mas também perceber a localização da necessidade e os postos que esta influência directamente, assim como dar um enquadramento de possíveis implicações que a implementação da necessidade traz para a linha.

Tabela 7 – Quadro do registo das necessidades.

	NECESSIDADE	POSTO	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÕES
1	Alocação do posto de arames verticais e do posto de espinha junto do posto de enrolamento.	Posto de espinha; Posto dos arames verticais; Posto de enrolamento.	É necessário analisar uma nova configuração dos 3 postos, que inicialmente estão separados e independentes, de forma a tornar a montagem o mais compacta possível.	A rotação do posto de espinha implica alterações em alguns componentes, principalmente na placa que guia os arames na montagem no tubo central. No posto de arames verticais é necessário alterar o espaçamento entre arames verticais para evitar um movimento desnecessário (o espaçamento altera de 500 mm para 300 mm).
2	Sistema de manipulação e transporte da espinha, do posto de espinha para o posto de enrolamento.	Posto de espinha; Posto de enrolamento.	Para manipular e transportar a espinha é necessário analisar um manipulador que faça o transporte desde o posto de espinha até ao posto de enrolamento.	É necessário manter o cilindro, que faz o fecho da matriz no posto de espinha, alinhado com o cilindro que faz o deslocamento ascendente e descendente do manipulador. Evita-se assim algum tipo de desalinhamento e despiste de esforços que comprometam o bom funcionamento e estabilidade do fecho da matriz.
3	Sistema de manipulação e transporte dos arames verticais para o posto de enrolamento.	Posto dos arames verticais; Posto de enrolamento.	De igual forma é necessário idealizar um sistema para manipular e transportar os arames verticais até ao posto de enrolamento.	Este manipulador deve ter o menor número de movimentos, para evitar um acréscimo na complexidade do manipulador. Analisar se existem colisões. Este movimento é transversal ao alinhamento do manipulador principal.

4	Sistema de alimentação dos arames inferiores.	Posto dos agrafes.	Para existir alguma cadência de alimentação dos arames inferiores é necessário estudar uma estrutura que possa dar resposta às necessidades de alimentação dos arames inferiores. É necessário analisar o melhor posicionamento do alimentador.	A estrutura deverá ter capacidade para uma quantidade suficiente de arames inferiores, de forma a manter a linha a ser alimentada num tempo definido. O sistema deve ser modular, prevendo aumentar a capacidade de alimentação. A necessidade do fornecimento de um único arame terá de ser garantido.
5	Sistema de manipulação e transporte dos arames inferiores para o posto de agrafes.	Posto dos agrafes.	Estudar um manipulador que faça o transporte do arame inferior desde o alimentador de arames inferiores até ao posto dos agrafes.	Independentemente do local onde fica o alimentador, este terá um movimento transversal ao manipulador principal. Também aqui é necessário precaver a existência de colisões.
6	Criação de um posto para recolha e agrupamento do produto / componente final.	Posto final.	O posto final tem como objectivo receber o componente final e agrupá-lo. Idealizar uma estrutura para agrupar o produto final.	O sistema deve prever capacidade para um número de componentes finais superior a 25 e capacidade máxima para 50 unidades.
7	Sistema de manipulação e transporte do produto acabado.	Posto dos agrafes; Posto final.	No final da montagem é necessário retirar o componente completo e transportá-lo até ao posto final (posto de recolha). Analisar um sistema de transporte.	O manipulador deve ser o mais simples possível. Deverá depositar o componente final, prevendo uma mudança na posição do componente (horizontal para vertical).
8	Idealização de uma nova configuração do manipulador principal.	Linha completa IBK.	O manipulador principal da linha IBK dificulta o atravancamento de novos equipamentos, e possui uma distribuição de esforços de uma forma assimétrica. Desenvolver um novo conceito para o manipulador.	O novo conceito deve ter capacidade para distribuir os esforços de uma forma uniforme e reduzir o número de possíveis colisões em todo a linha.

O quadro reflecte a primeira abordagem feita ao caso de estudo que foi apresentado. Será mais que evidente que durante o desenvolvimento e descrição do problema se perceberá que nem todos os conceitos foram implementados, fosse por factores técnicos, por factores económicos ou porque simplesmente a ideia não teria fundamentos para ser implementada e não traria benefícios aos objectivos propostos.

É importante salientar que o processo de optimização da linha foi acelerado pela necessidade da Ficocables produzir as SM automaticamente o mais rapidamente possível, o que levou a que a intervenção dos fornecedores fosse mais prematura e não possibilitasse o desenvolvimento de alguns conceitos ao pormenor.

3.6. Anteprojecto

Para dar resposta às necessidades criadas, e ter uma base de início ao desenvolvimento dos conceitos, foram desenhados, sem grande pormenor, modelos tridimensionais com recurso ao *software* de desenho 3D, Creo® da PTC, antigo Pro/ENGINEER®. Aqui, o objectivo do anteprojecto foi rentabilizar o tempo disponível para a definição dos conceitos base que pudessem servir para desenvolver as futuras soluções.

De facto, é com base no anteprojecto que se dá ao início à optimização da linha, e é nesta fase que são apresentadas as ideias dos conceitos principais à empresa e aos fornecedores, que ficaram responsáveis pela construção da nova linha e implementação dos conceitos.

O grau de dificuldade de um projecto deste tipo pode variar de acordo com o número ou pela precisão dos movimentos, pela qualidade dos equipamentos seleccionados ou mesmo pelo grau de automatização pretendido. Na verdade, poderíamos enumerar vários factores que definissem o grau de complexidade. Independentemente do grau de dificuldade e complexidade, manteve-se o cuidado de, durante todo o anteprojecto, fazer abordagens a conceitos, sistemas e mecanismos já existentes na empresa. Esta abordagem permite, para além da redução de tempo de execução (pois o desenvolvimento já foi realizado e validado), um custo reduzido nos próprios equipamentos e na solução final. Durante o trabalho é referido que alguns conceitos desenvolvidos na fase do anteprojecto não foram implementados. Além de referidos os conceitos que foram rejeitados, as razões na base desta decisão são sempre apresentadas.

A justificação da não implementação pode variar, seja por factores económicos, por inviabilidade técnica ou porque durante o projecto alguns postos sofreram alterações por decisão da empresa, que anularam assim a possibilidade de serem implementadas.

Necessidade 8

Começamos pela necessidade 8, que acabou por ser um efeito colateral, de quando se iniciou a pesquisa e desenvolvimento dos conceitos e soluções para as restantes necessidades. Ao definir que a melhor alocação do posto de arames verticais seria próximo do posto de enrolamento, e que no posto dos agrafos é necessário implementar um sistema de

abastecimento dos arames inferiores, constatou-se a necessidade de implementar mecanismos e sistemas que têm movimentos transversais à linha.

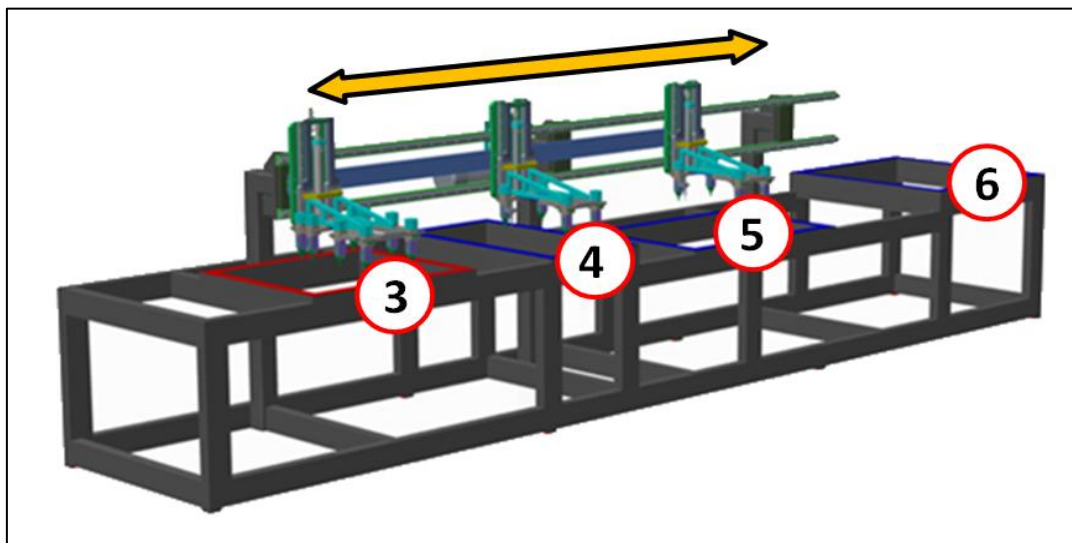


Figura 52 – Conjunto de transporte actual.

A estrutura actual (Figura 52) suporta o conjunto de transporte e manipulação, responsável pela manipulação automática da SM, entre o posto de enrolamento ③, dos castelos ④ e dos ganchos ⑤. Este conjunto segue uma filosofia de construção em forma de asna, isto é, uma estrutura em esquadro, e que é, de certa forma, um entrave à implementação dos mecanismos idealizados, que se movimentam de uma forma transversal ao conjunto. Estudou-se então uma estrutura alternativa, que suportaria o conjunto de transporte e manipulação, e que não prejudicasse a implementação dos restantes conceitos (Figura 53).

A alteração que se pretende introduzir, trata-se de uma estrutura que conduz o conjunto de transporte e manipulação paralelamente aos postos de transformação da SM. Assim, todo o conjunto seria instalado no topo da estrutura e desempenharia as mesmas funções que o sistema actual, mas de forma a evitar colisões e a melhorar o atravancamento de toda a linha. O conjunto de manipulação idealizado é constituído por dois manipuladores, o manipulador da espinha (a) e o conjunto de transporte (b) que faz a comunicação entre os restantes postos (Figura 53).

Em termos de esforços que a estrutura possa sofrer, existe uma distribuição por mais pontos. Numa primeira análise, sem fazer qualquer tipo de cálculo, é-nos perceptível que a configuração da estrutura permite que as solicitações se repartam de uma forma mais uniforme, comparativamente à estrutura actual.

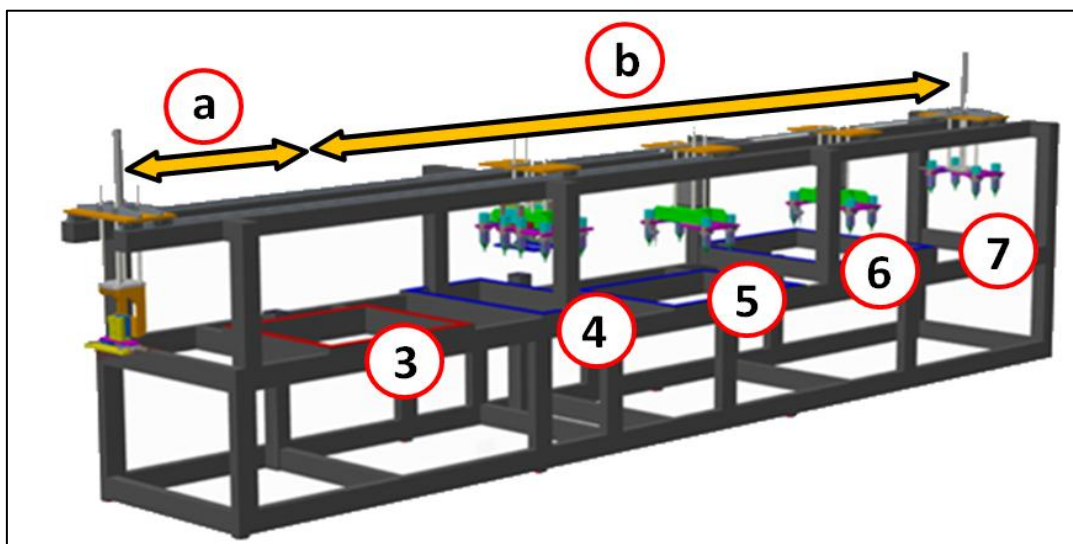


Figura 53 – Proposta para conjunto de transporte (Circulação no topo da linha).

Na Figura 54 podemos observar que a estrutura actual sofre um momento flector, dado o descentramento da carga em relação à base de apoio do conjunto de transporte, enquanto na nova configuração, o referido efeito é eliminado.

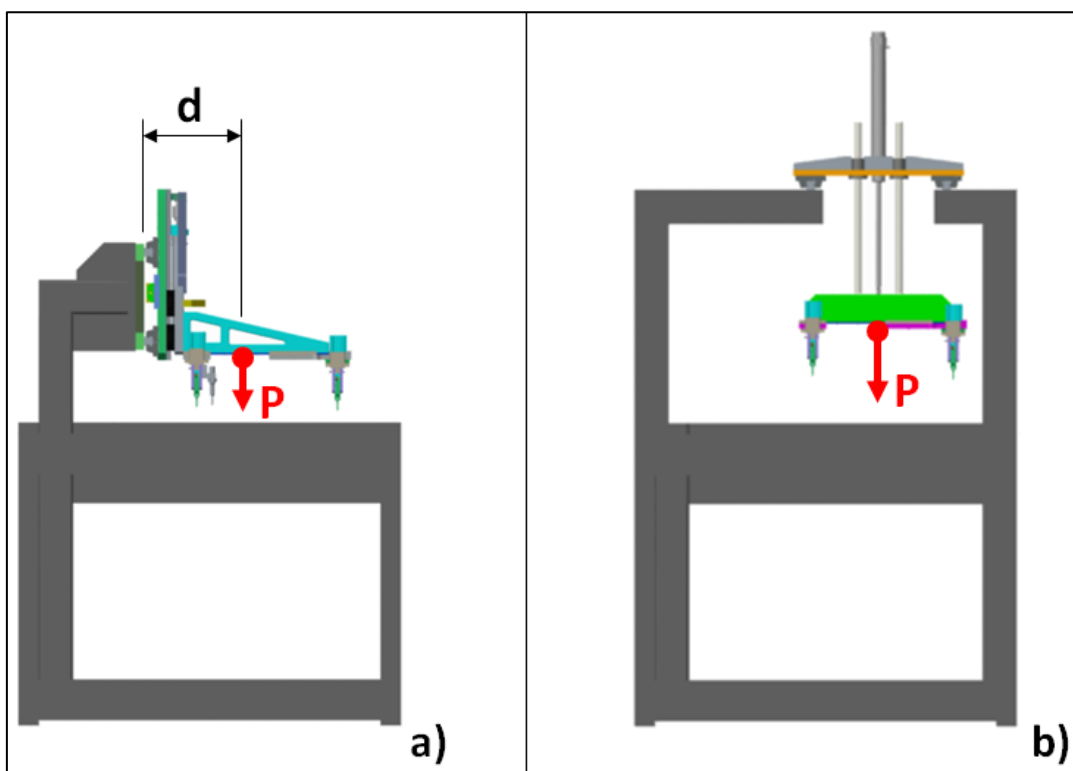


Figura 54 – Distribuição da carga na estrutura – a) Estrutura actual; b) Proposta.

Necessidade 1

É com foco na primeira necessidade que é idealizado o novo layout da linha IBK, servindo como base para toda a organização e otimização da linha.

Numa primeira fase, foi analisado o posto de enrolamento, onde se encontra o operador a executar a montagem da espinha com os arames verticais. Como referido no capítulo da caracterização do processo, o posto dos arames verticais encontra-se deslocado da linha de montagem.

A colocação do posto dos arames verticais junto ao posto de enrolamento, na parte posterior, ver Figura 55, foi a opção mais elegível. A posição sugerida, para o posto dos arames verticais, permite uma melhor proximidade e orientação dos arames verticais em relação ao posto de enrolamento, ficando em falta apenas a definição do mecanismo (manipulador) para o transporte e manipulação dos arames verticais, que será abordado nas necessidades seguintes.

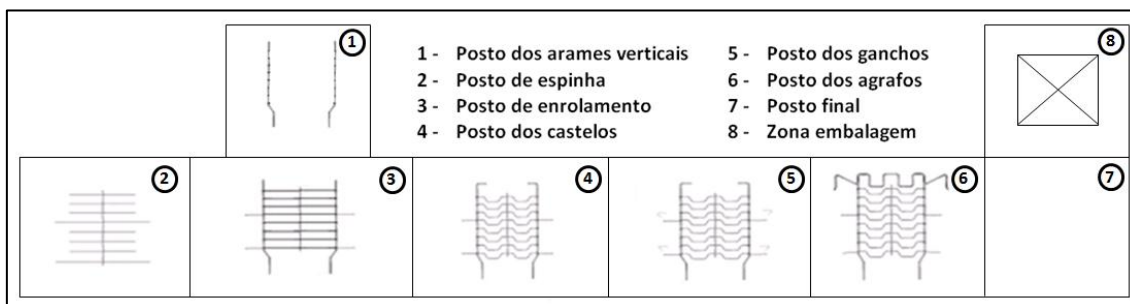


Figura 55 – Proposta para o novo layout.

Na elaboração do estudo para a manipulação da espinha, do posto de espinha até ao posto de enrolamento, verificou-se que a posição de saída da espinha teria de ser alterada. A espinha, após montagem, é retirada do posto actual desfasada de 90° relativamente ao alinhamento do fluxo dos postos adjacentes (Figura 56). Este é um ponto a ter em atenção na configuração do posto de espinha.

Ao rodar o posto, é necessário cuidado na orientação dos arames, pois a distância e a orientação dos arames varia. Na execução do posto de espinha, será necessário então prever a

reconfiguração da posição dos arames para que estes estejam alinhados com o posto de enrolamento e se evite algum movimento adicional.

Com o decorrer da análise das necessidades, também se verificou que seria necessário um posto para receber a SM com as operações concluídas. Foi então prevista a necessidade da existência de um posto final para receber as SM's concluídas.

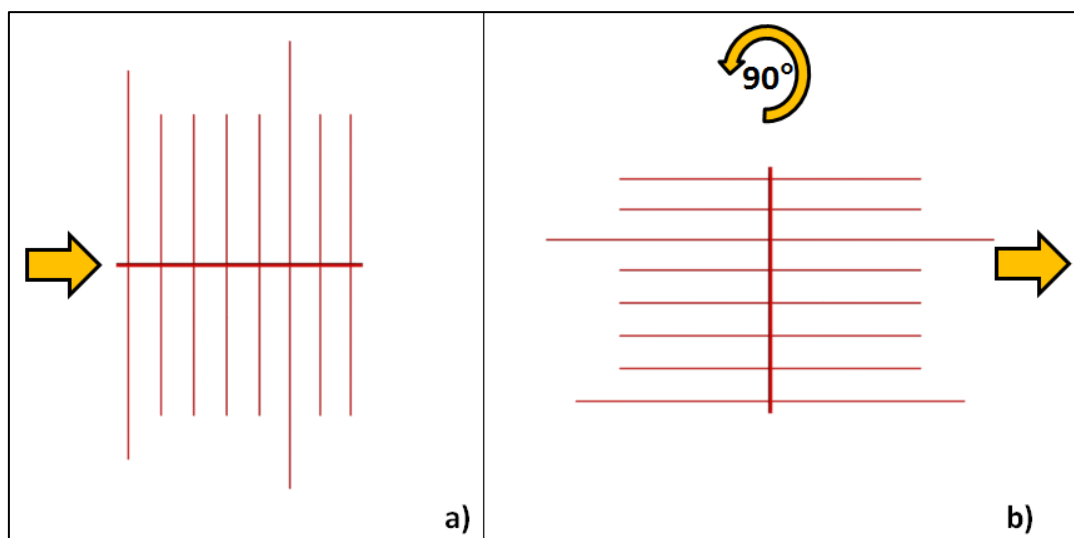


Figura 56 – Sentido de saída da espinha – a) Orientação actual; b) Orientação de acordo com a posição necessário para o posto de enrolamento.

IMPORTANTE: No final do projecto verifica-se que o posto de espinha foi reestruturado (melhoria sugerida pelo fornecedor da linha, que já conhecia a linha IBK) de forma a minimizar ou mesmo eliminar algumas limitações que este posto possuía, principalmente devido ao tempo de montagem da espinha, e que estava a comprometer o tempo de ciclo de montagem da SM. No capítulo seguinte serão referidas as implicações destas alterações.

Necessidade 2

Nesta fase é idealizado o sistema de manipulação e transporte entre o posto de espinha e o posto de enrolamento. Uma particularidade do posto de espinha é que, nas condições actuais, o manipulador faz parte da matriz responsável pela construção da espinha, o que significa que

o manipulador tem de estar imóvel durante a introdução dos arames no tubo central. No momento da introdução dos arames o tubo central deve estar imóvel, para que esta operação seja o mais eficaz possível, sem provocar defeitos. Para criar as condições ideais, a parte inferior, que está fixa, deve ser completada com a parte móvel do manipulador (Figura 57). A posição deve ser mantida até à conclusão da operação de introdução dos arames no tubo central.

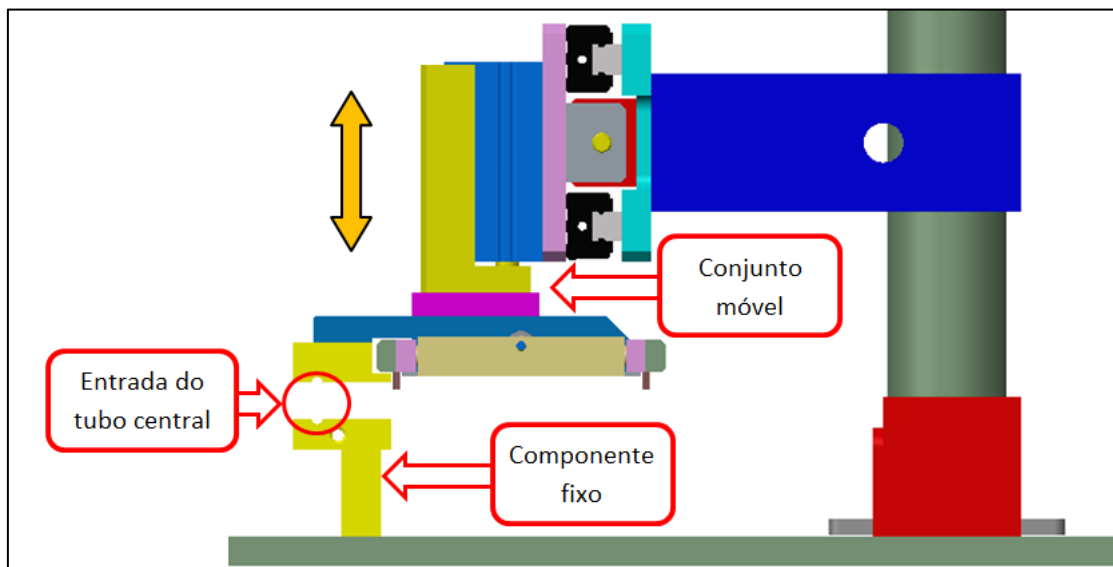


Figura 57 – Posição do manipulador durante a introdução dos arames no tubo central.

Para não comprometer o ciclo de montagem, define-se que o manipulador de espinha terá de ser independente do actual conjunto de transporte (ver Figura 53 (a) e (b)). Elimina-se assim a necessidade do conjunto aguardar pela conclusão da montagem da espinha. Também foi definido nesta fase que o cilindro e a filosofia de fecho para “apanhar” a espinha seriam mantidos (Figura 58), mas com algumas adaptações para evitar colisões no posto de enrolamento, no momento de descida do manipulador (Figura 59). O sistema de fecho está acoplado ao manipulador da espinha, e é constituído por um conjunto de dentes fixos, ou seja, que estão solidários à estrutura do manipulador, e outro conjunto de dentes móveis que se deslocam em relação à estrutura. No final da operação de introdução dos arames no tubo central, os dentes móveis deslocam-se e prendem os arames, criando condições para a extracção do conjunto final da espinha.

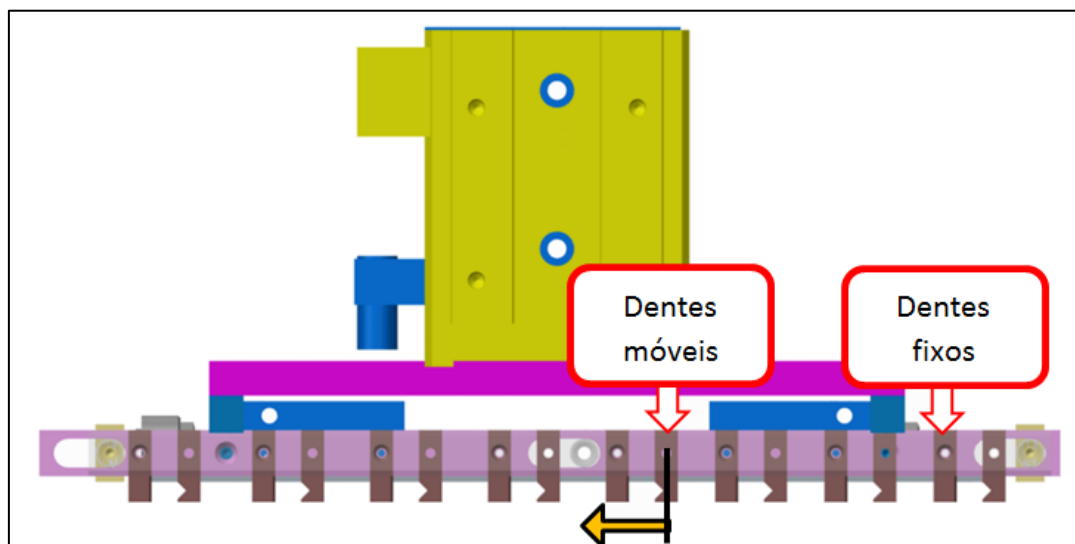


Figura 58 – Manipulador de espinha actual (Sistema de garras).

A Figura 59 representa a sequência dos movimentos que o manipulador deve seguir, de forma que a manipulação da espinha seja o mais criteriosa possível entre os postos, após a operação realizada no posto de espinha. Em suma, o cilindro que está no manipulador deve subir, seguido de deslocação em direcção ao posto de enrolamento sem efectuar o movimento ascendente, de forma a evitar colisões com o posto de espinha. Percorrida uma distância razoável, o manipulador sobe e continua o seu movimento até ao posto de enrolamento. Na posição final o manipulador desce e liberta a espinha. Todo o desenho do manipulador deve precaver e evitar colisões que possam ocorrer no movimento entre os postos e nos próprios postos.

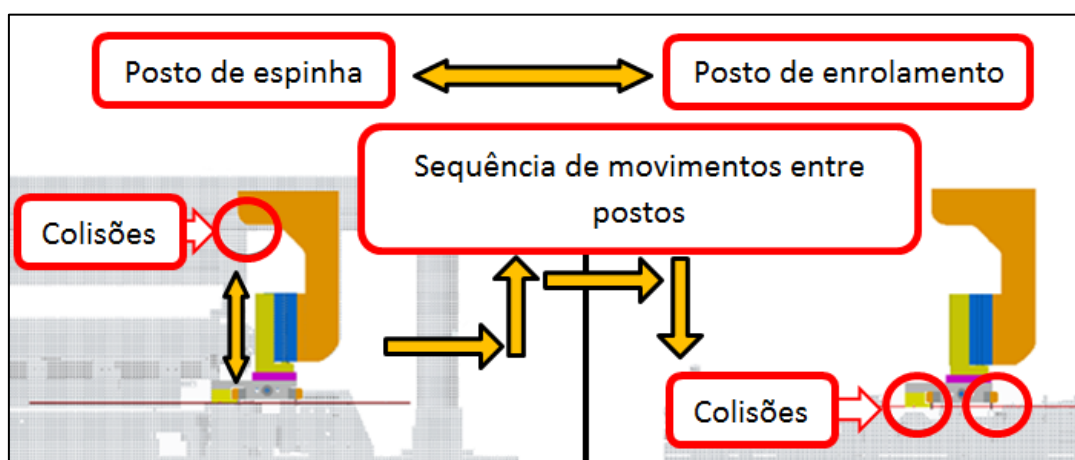


Figura 59 – Esquema dos movimentos do manipulador de espinha.

Dado que estamos, nesta fase, sem definição do tipo de estrutura a adoptar (estrutura actual ou de topo), são apresentadas as soluções, quer no caso de a manipulação ser efectuada na estrutura actual (Figura 60 – a)), quer seja na estrutura onde o manipulador circulará no topo (Figura 60 – b)). Apesar da diferença em aparência, os manipuladores, dado o tipo de conjunto de transporte, são constituídos basicamente por:

- Estrutura de suporte robusta;
- Cilindro pneumático – no caso do manipulador a), estamos na presença de um cilindro de mesa, já no caso b) é um cilindro com haste.

Independentemente do conjunto de transporte principal seleccionado, deve existir um alinhamento entre o cilindro e a carga a ser transportada (ver comparação na Figura 60). Isto porque o cilindro é solicitado quando faz o fecho da matriz da montagem da espinha.

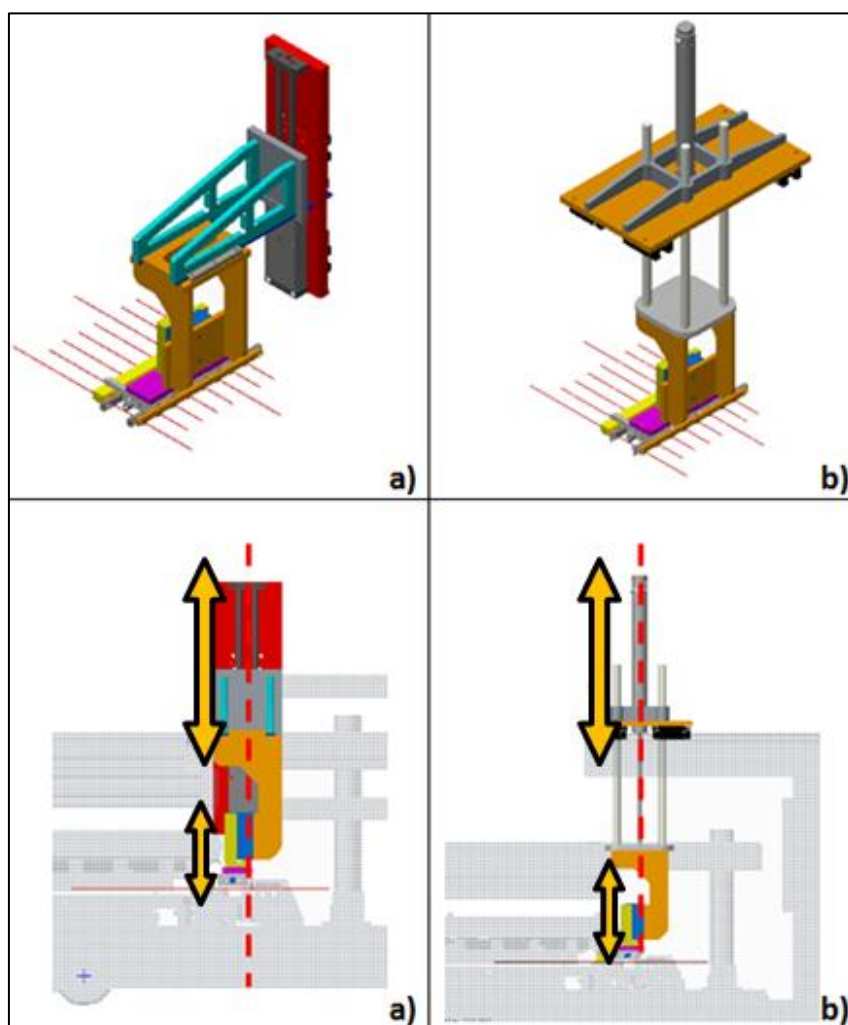


Figura 60 – Manipulador de espinha – a) Actual; b) Topo.

Necessidade 3

Conforme a descrição da necessidade (ver Tabela 7), é idealizado um manipulador que faça o transporte dos arames verticais desde o posto onde são conformados (posto dos arames verticais), até ao posto de enrolamento, onde será efectuada a montagem dos dois componentes na espinha (ver layout proposto, Figura 55).

Durante a análise do conceito, verificou-se o alinhamento dos dois postos e estudaram-se os movimentos necessários para estabelecer o transporte dos arames verticais entre postos. Nessa análise verificou-se que é necessário reconfigurar o posto de arames verticais, para evitar um número mais elevado de movimentos. Esta reconfiguração implica reduzir a distância "d", dos actuais 500 mm para os 300 mm (Figura 61). Isto verifica-se porque a distância entre os arames verticais, no posto do enrolamento, é de 300 mm. De facto, o sistema de manipulação é mais simples se a distância entre os arames verticais for igual para os dois postos (posto de arames verticais e posto de enrolamento).

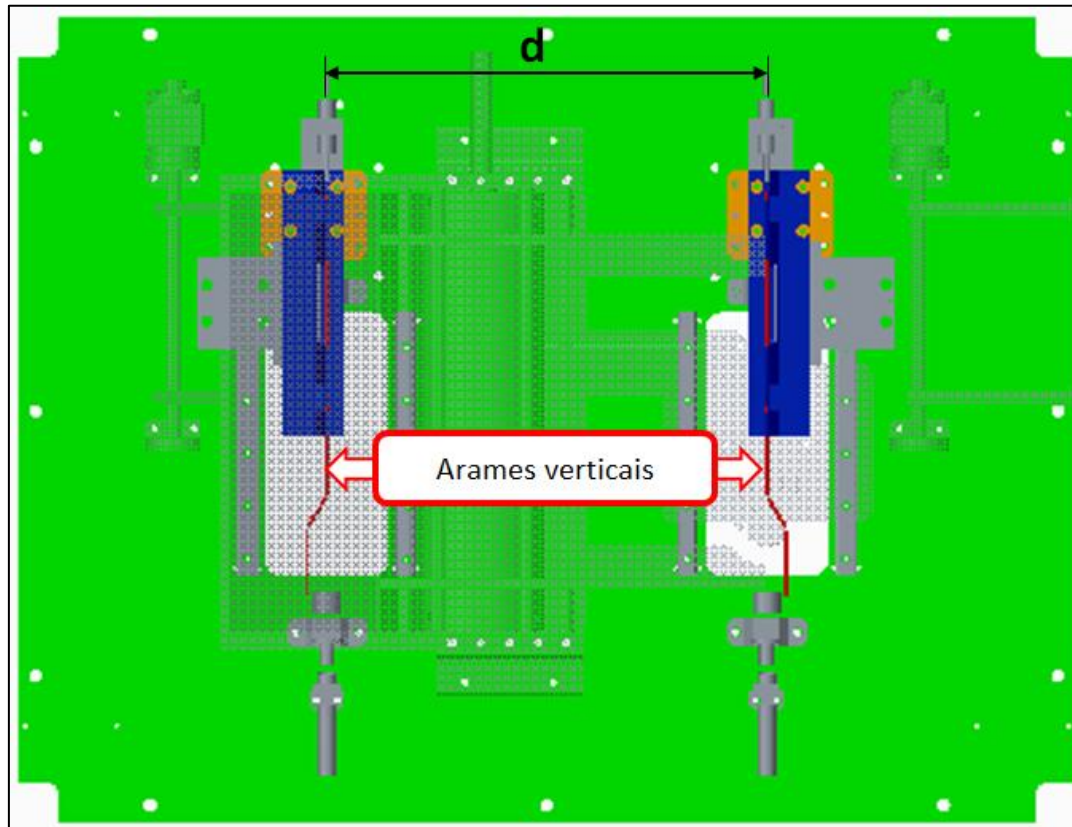


Figura 61 – Posto de arames verticais (Distância "d").

Na Figura 62 é possível observar o movimento desnecessário, referido anteriormente.

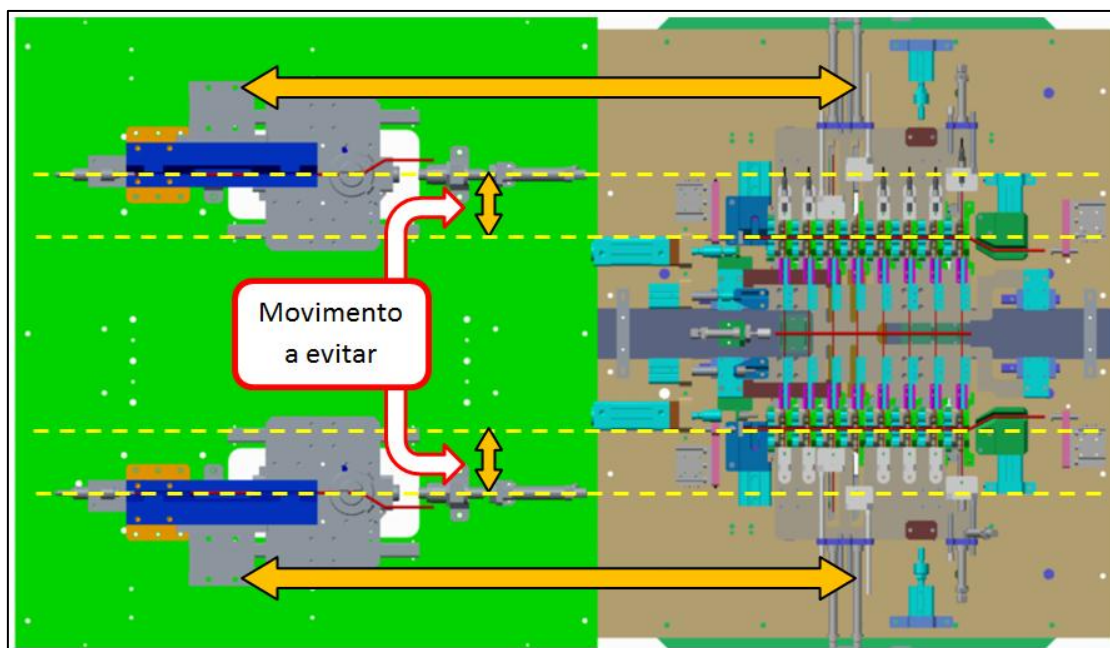


Figura 62 – Análise da sequência de movimentos entre o posto dos arames verticais e o posto de enrolamento.

Para responder a esta necessidade, são idealizados dois estudos de sistemas de manipulação, para a movimentação dos arames verticais entre postos:

- Um primeiro sistema, que usa uma filosofia mais compacta, idealizado para o posto com o conjunto de transporte actual.
- E um outro sistema que utiliza componentes já existentes e que é mais indicado para a estrutura com o conjunto de transporte a circular no topo

Ambos os sistemas simulam a filosofia de “*pick and place*”. O sistema “*pick and place*” não é mais do que um sistema no qual um mecanismo retira os objectos de uma posição (*pick*) e os coloca noutra localização (*place*). Por exemplo, no caso de estudo o manipulador retira o arame vertical do posto de arames verticais e coloca-o no posto de enrolamento.

Para a estrutura actual, foi necessário desenvolver uma solução o mais compacta possível. O mecanismo compacto nasce da necessidade de aproveitar ao máximo o espaço existente na estrutura actual, que está comprometida pelo conjunto de transporte, evitando colisões. Desta forma para a opção 1, o conjunto do manipulador é constituído por:

- Garras de abertura paralela;
- Cilindro de mesa (movimento horizontal);
- Guias lineares;
- Cilindro de mesa, com curso pequeno (movimento vertical).

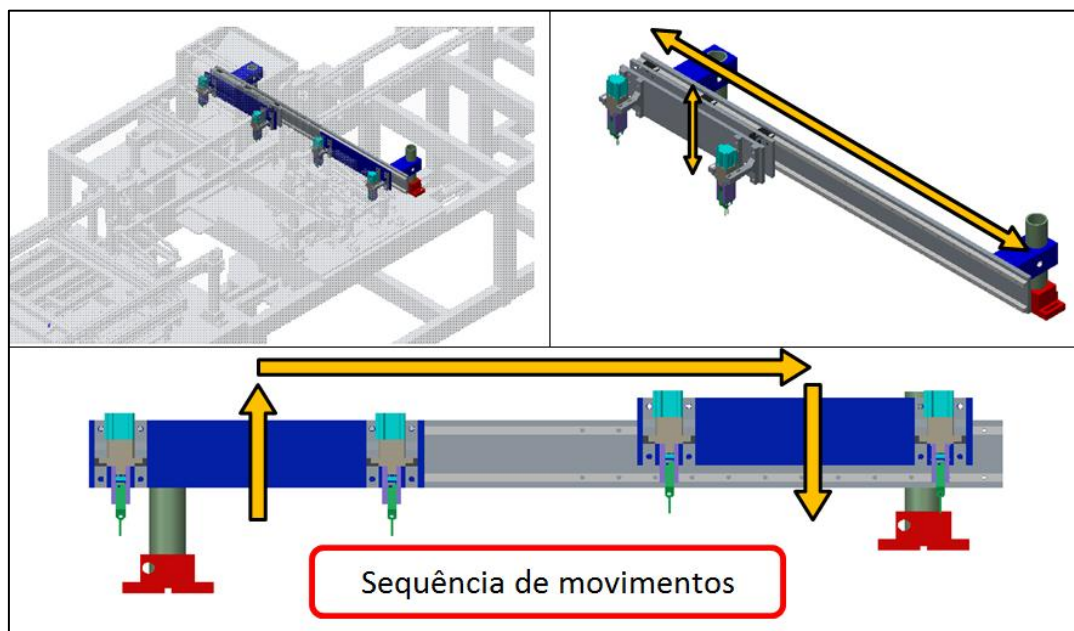


Figura 63 – Manipulador arames verticais (Opção 1).

No segundo caso, em que é idealizada a situação de ser seleccionado o conjunto de transporte que circula no topo, a solução é mais simples, pois não existem limitações em altura. Verifica-se uma maior liberdade para selecção de componentes, permitindo inclusivamente o aproveitamento das garras já existentes e em uso na linha IBK.

O conjunto do manipulador é constituído por:

- Garras de abertura angular (projecto Fico Cables, ver Figura 38);
- Cilindro de mesa (movimento horizontal);
- Guias lineares;
- Cilindro de mesa, com curso pequeno (movimento vertical).

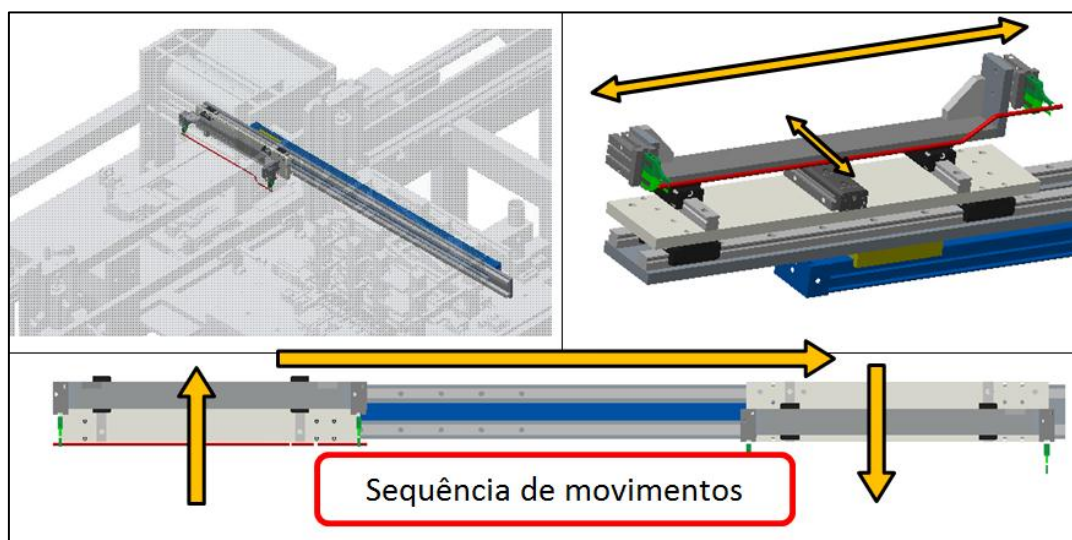


Figura 64 – Manipulador arames verticais (Opção 2).

Necessidade 4

A partir deste ponto, entramos na segunda fase do projecto, ou seja, no estudo do posto de agrafos, onde opera um segundo colaborador e onde existe um grau de automatização das operações de montagem reduzido. Mais uma vez são analisadas e estudadas as tarefas que são efectuadas pelo operador na montagem da espinha com o conjunto do arame inferior. Conforme descrito no capítulo da caracterização do processo, as operações executadas neste posto são resumidas à montagem do subconjunto do arame inferior na espinha, que provém do posto anterior, posto dos ganchos.

Para que se execute a montagem de uma forma eficiente, o operador necessita de um volume de arames verticais suficiente para um tempo de resposta eficiente na montagem. Actualmente esse volume é garantido por uma estrutura simples de suporte e guiamento (ver Figura 47). Seguindo esta filosofia, é modelado um sistema que simule o armazenamento dos arames inferiores. O sistema idealizado consiste num carregador com guias, em que as distâncias destas são definidas pela geometria do arame inferior (Figura 65 – a)). Os arames ao serem libertados, por um operador, são guiados e orientados para um sistema “passa / não passa”, que está localizado na parte inferior das guias (Figura 65 – b)).

Este conceito é usado em vários postos na fábrica e podem ser encontrados exemplos de utilização no posto de espinha e no posto dos arames laterais, no capítulo da caracterização do processo. O sistema tem como principal objectivo libertar um arame de cada vez, quando este é solicitado.

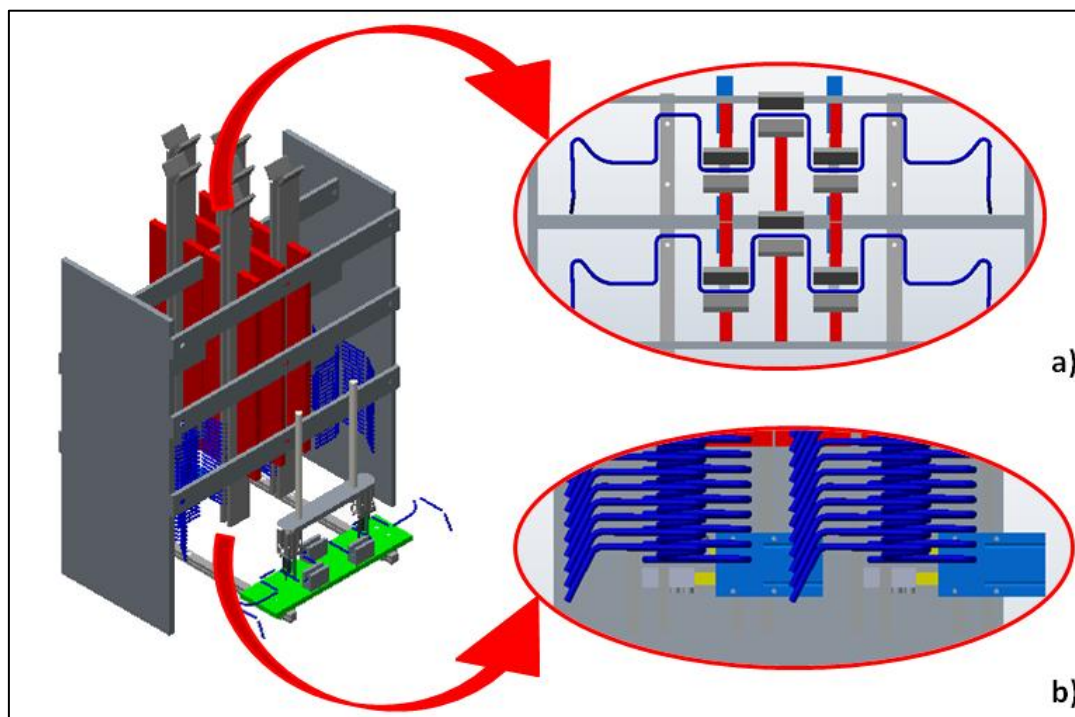


Figura 65 – Alimentador do subconjunto do arame inferior – a) Sistema modular; b) Sistema "passa / não passa".

Para aumentar a flexibilidade e a capacidade do carregador, define-se que a sua construção deverá ser modular, para que se possa aumentar o número de arames inferiores em detrimento da necessidade de diminuir o tempo para uma nova alimentação dos arames no carregador, sem interrupções (Figura 65 b)).

Para que se possa fazer a manipulação do arame, é idealizada uma estrutura que tem como principal objectivo colocar o arame fora da área ocupada pelo carregador, ou seja, uma mesa que receba o arame do carregador e que o transporte para fora do atravancamento do mesmo. No caso de existir mais do que um módulo, a mesa deverá recolher de forma alternada um arame de cada módulo (Figura 66).

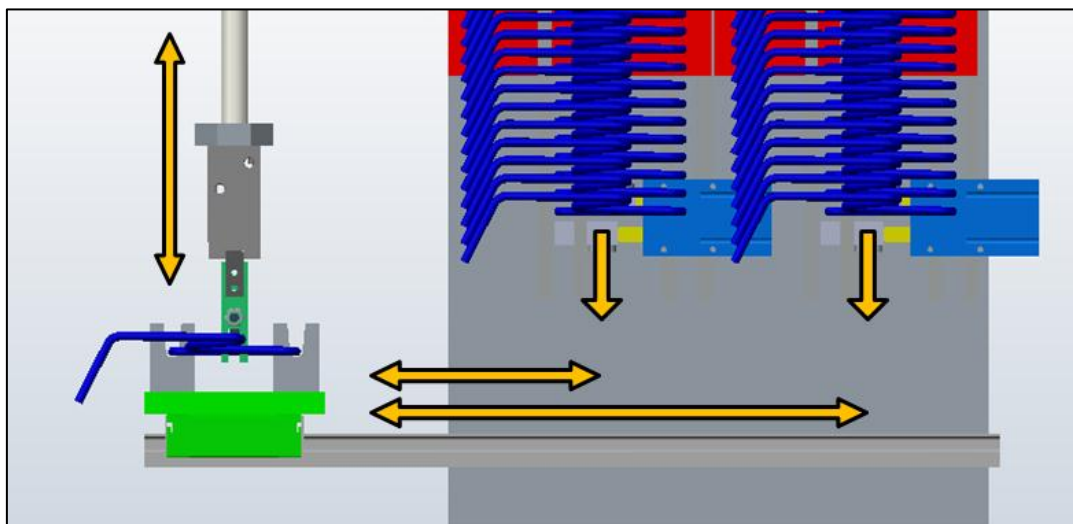


Figura 66 – Sistema de alimentação do subconjunto do arame inferior (esquema de alimentação).

Necessidade 5

Para além de definir o posicionamento do carregador de arames inferiores com melhor atravancamento, torna-se necessário simular os movimentos necessários para um sistema que manipule o arame, desde a mesa de transporte definida na necessidade anterior até à posição final, no posto de agrafos. O sistema de manipulação e transporte é constituído, mais uma vez, por um sistema com a filosofia “*pick and place*” (Figura 67).

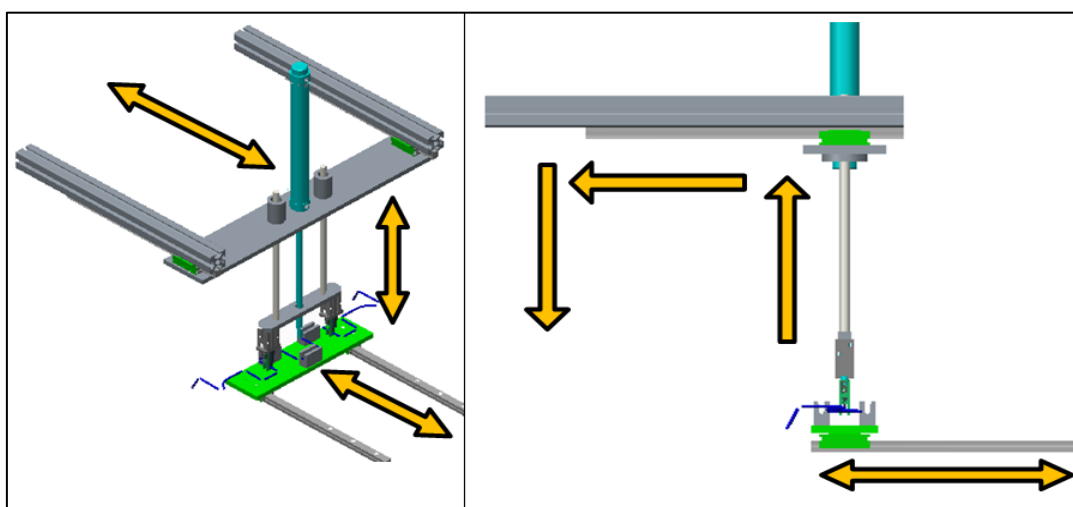


Figura 67 – Manipulador do subconjunto do arame inferior.

Este manipulador tem como principais componentes:

- Estrutura modular de perfis em alumínio;
- Guias lineares;
- Garras de abertura paralela;
- Cilindro de mesa (movimento horizontal);
- Cilindro de haste (movimento vertical).

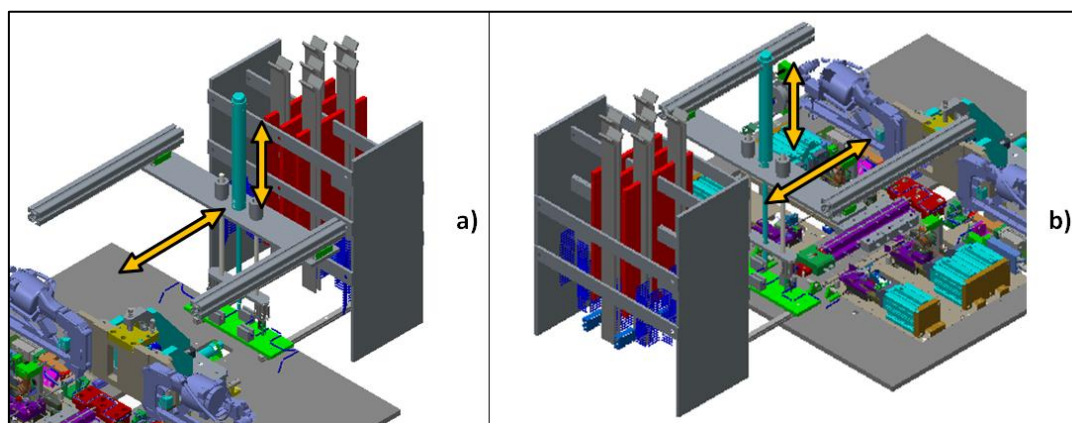


Figura 68 – Atravancamento do carregador - a) Posterior ao posto; b) Anterior ao posto.

Para a alocação do carregador, foram estudados dois possíveis posicionamentos, um na área posterior e outro na área anterior ao posto de agrafos (Figura 68). Efectivamente, é mais vantajoso colocar o carregador na parte posterior dos agrafos pois, para além de um melhor acondicionamento, irão evitar-se colisões com os agrafadores, tornando o manipulador mais compacto.

Necessidade 6

Com a optimização e o aumento do grau de automatização do processo, torna-se necessário adaptar algumas estruturas e conceitos, o que se traduz por uma oportunidade de melhoria. A estrutura de recepção da SM final não é excepção.

A oportunidade de simplificar o sistema é o principal objectivo nesta necessidade. O desenvolvimento desta estrutura pressupõe as seguintes considerações:

- Capacidade para 25 a 50 unidades de SM's;
- Aviso do operador quando tiver 25 unidades na estrutura;
- Paragem da linha quando tiver 50 unidades.

A quantidade de 25 é justificada pelo facto de ser o número definido de SM's para o embalamento, já que cada embalagem é completada por dois conjuntos de 25 SM's.

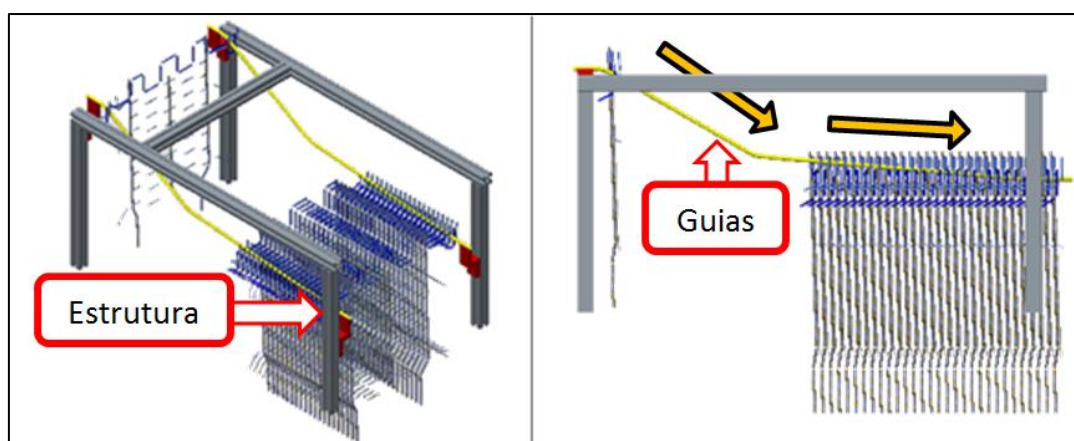


Figura 69 – Estrutura para SM's no final do processo.

Para replicar o movimento de deslocar a SM para fora do posto, que actualmente é feito por um cilindro pneumático, será avaliada a possibilidade de usar apenas a gravidade. A solução passa por uma estrutura de construção modular, constituída por perfis de alumínio, na qual estão acopladas guias de varão de aço, com distância e inclinação necessárias para suporte e guiamento das SM's (Figura 69).

Necessidade 7

A necessidade 7 conduz à execução de uma cópia de um manipulador existente (por exemplo o manipulador que faz ligação entre o posto de ganchos e a zona livre), necessitando apenas de algumas alterações, nomeadamente no curso da manipulação e transporte da SM.

O objectivo deste manipulador é transportar a SM na sua montagem final para o sistema de recepção definido na necessidade anterior. Na Figura 70 é perceptível que existe uma mudança de posicionamento da SM, isto é, a SM é transportada na horizontal e é deixada no posto final, na estrutura, de forma a ficar na vertical.

A Figura 70 apenas representa o conjunto de transporte de topo.

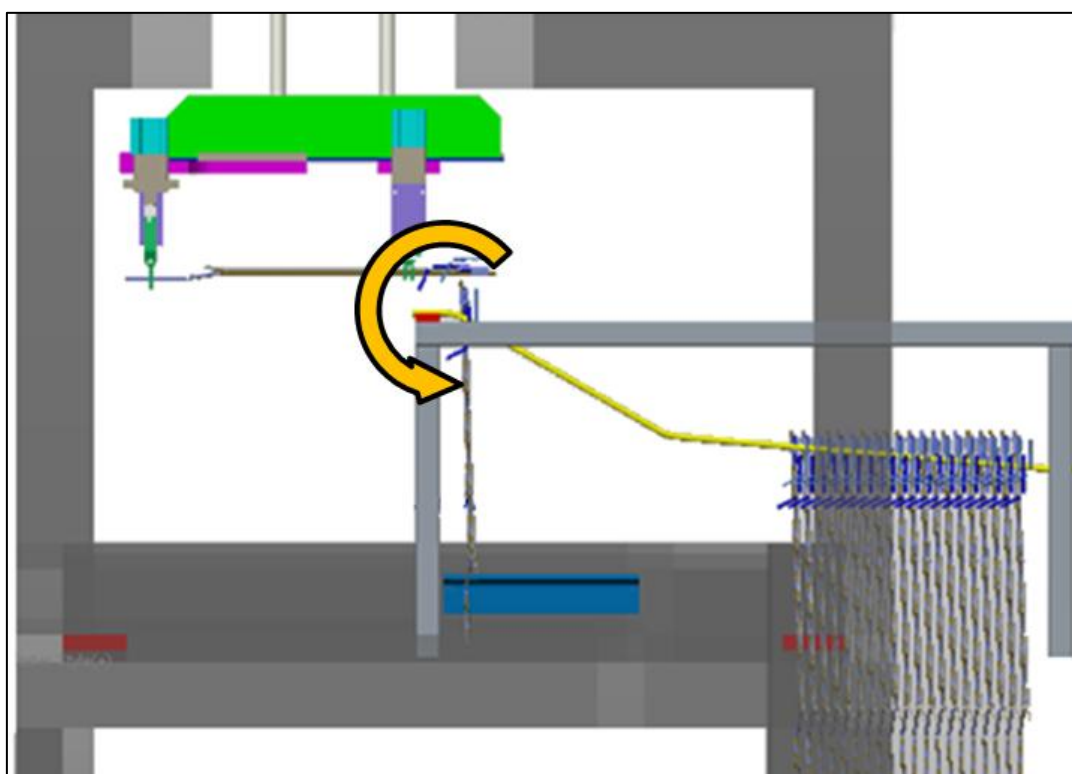


Figura 70 – Manipulador final.

3.7. Projecto

Este subcapítulo está dividido em várias fases de acordo com o aproveitamento, ou não, dos conceitos definidos no anteprojecto:

- Conceitos implementados;
- Conceito considerado inviável por razões económicas;
- Conceito considerado inviável por razões técnicas.

3.7.1 Conceitos implementados

A partir deste ponto são apresentados os conceitos que foram, de certa forma, seguidos por parte do fornecedor e pela empresa, registados no capítulo anterior do anteprojecto. Será realizada uma breve descrição da aplicação do conceito, reforçada com fotos da sua implementação.

1) Redefinição do novo layout – Necessidade 1

A posição definida do atravancamento, principalmente do posto de espinha e do posto de arames verticais, foi implementada de acordo com o layout idealizado, o que proporciona uma maior fluidez na montagem da SM.

Na Figura 71 está representado o novo layout da linha IBK e o fluxo do processo na fabricação das SM's, perante as alterações. Ao comparar com o layout e com o fluxo de processo inicial (Figura 32), são notáveis as diferentes alterações a nível organizacional e é perceptível a implementação do processo de migração para uma linha automática.

Durante as várias fases de montagem e transformação da SM, o recurso a mão-de-obra manual deixa de existir, passando a intervenção humana para rotinas de controlo do processo e intervenções programadas para manutenção.

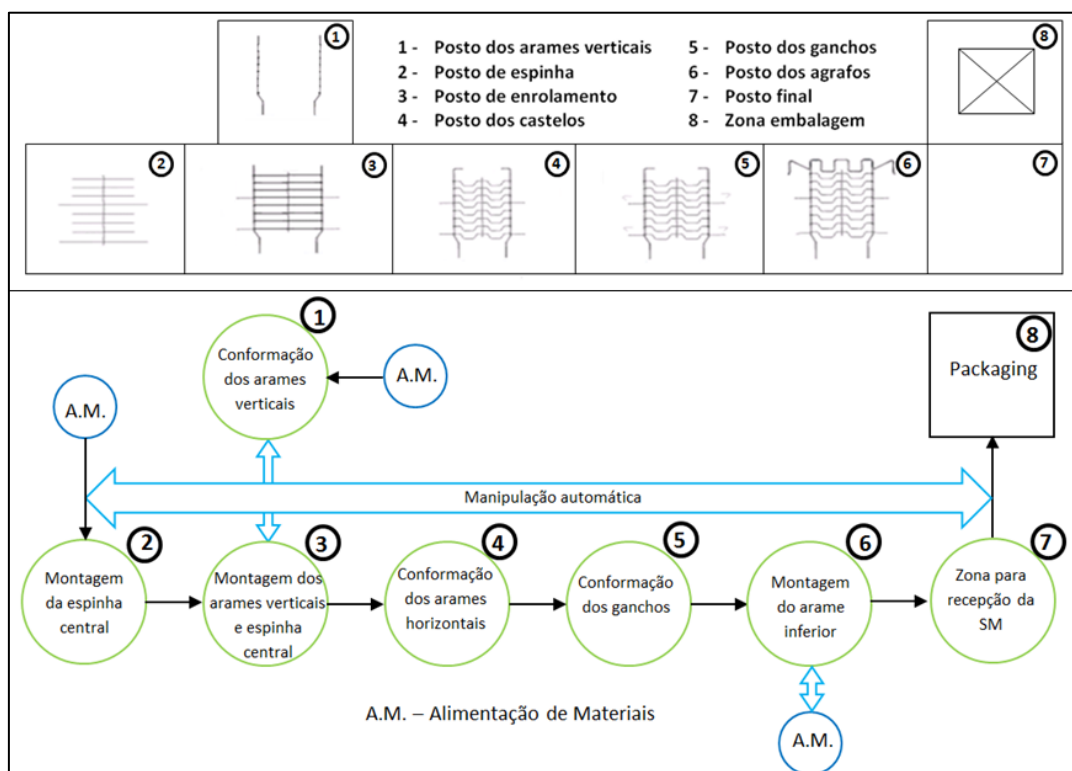


Figura 71 – Novo layout e fluxo do processo.

É possível enumerar algumas vantagens desta nova filosofia organizacional da linha IBK:

- Melhor atravancamento de toda a linha na fábrica (optimização do espaço ocupado);
- Tempo de manipulação reduzido (a manipulação deixa de depender do tempo da montagem da espinha);
- Número de operações de manipulações manuais reduzidas (apenas em situações pontuais);

Um dos grandes ganhos, ao nível do aumento do grau de automatização, foi a implementação do conjunto de transporte. O conjunto converte a linha num sistema totalmente automático, a nível de manipulação. A manipulação manual, que se registava no início, também passa a ser apenas necessária para situações pontuais de alimentação de componentes ou de recolha do produto final.

O conjunto em forma de asna (Figura 72) foi o seleccionado para desempenhar as funções de transporte e manipulação da espinha entre os vários postos. O factor económico foi apresentado como justificação da não implementação do conceito idealizado a circular no topo da linha, por parte da empresa que requisitou o projecto.

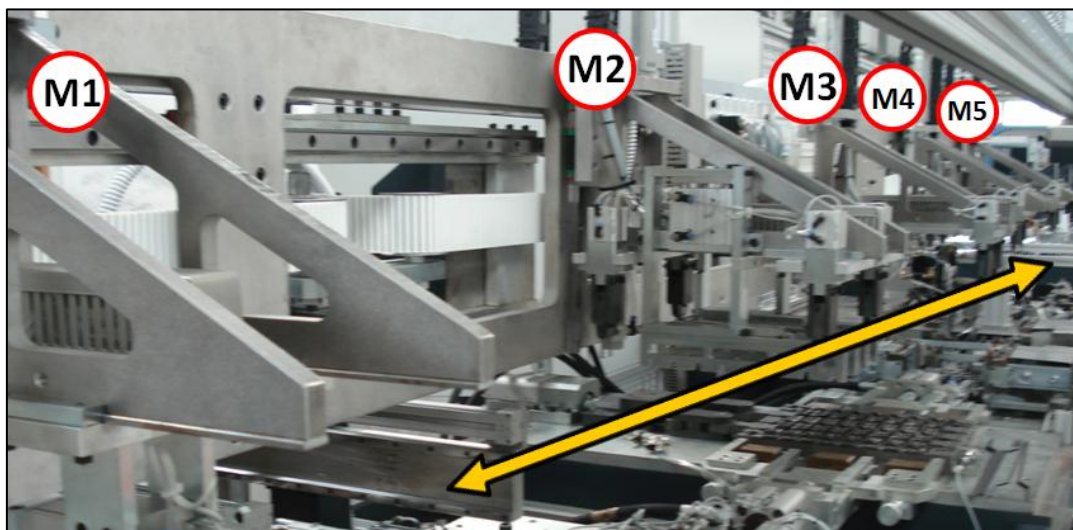


Figura 72 – Conjunto de manipuladores implementado.

Cada manipulador manuseia a SM entre dois postos (Figura 82):

- M1 – Posto de espinha ② → Posto de enrolamento ③;
- M2 – Posto de enrolamento ③ → Posto dos castelos ④;
- M3 – Posto dos castelos ④ → Posto dos ganchos ⑤;
- M4 – Posto dos ganchos ⑤ → Posto dos agrafos ⑥;
- M5 – Posto dos agrafos ⑥ → Posto final ⑦.

2) Manipulação automática dos arames verticais – Necessidade 2

O conceito de manipulação dos arames verticais, do posto ①, para o posto de enrolamento ③, foi desenvolvido conforme o estudo na fase de anteprojecto. Assim, foi implementada a filosofia “*pick-and-place*” idealizada para esta operação (Figura 73).

Apesar de algumas diferenças de configuração e componentes com os conceitos idealizados (comparar com a Figura 63 e Figura 64), cada conjunto do manipulador é constituído por (Figura 73):

- Cilindro de mesa guiados, com curso pequeno (a);

- 2 garras de pinças de abertura paralela (b);
- Guias lineares (c);
- Cilindro sem haste (d).

As garras de abertura paralela (b) apertam e fixam o arame lateral, com um movimento guiado, o cilindro de mesa guiado (a) desloca o arame lateral com um movimento vertical. Também de uma forma guiada, pelas guias (c), o cilindro sem haste (d) desloca o arame com um movimento horizontal.

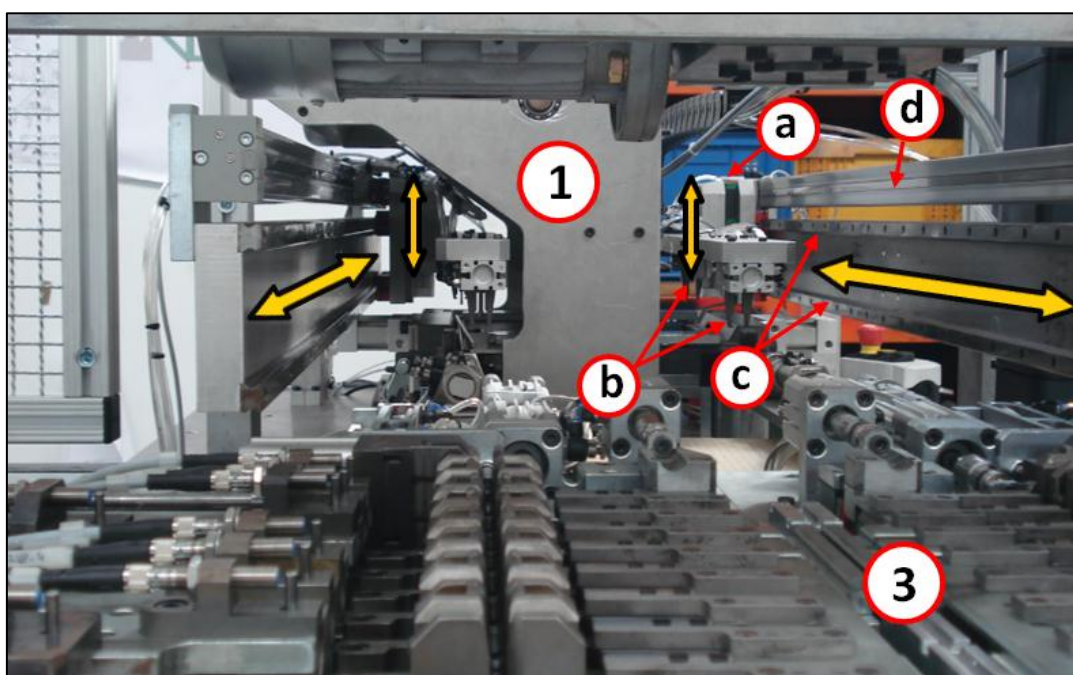


Figura 73 – Sistema de manipulação dos arames verticais (conceito “pick-and-place”).

Com a alteração do posto de arames verticais, conseguiu-se reduzir o número total de operações de manipulação. A necessidade da alteração do posto de arames verticais (redução da distância entre arames) facilitou a implementação do sistema de manipulação, redefinindo o número de movimentos mínimos e aproximando o sistema implementado da tipologia apresentada no anteprojecto.

3) Carregadores dos arames inferiores – Necessidade 4

O conceito apresentado foi aproveitado para a solução final. Apesar de a estrutura ser um pouco diferente da proposta, os carregadores mantiveram o conceito inicial definido, com exceção de poderem ser modulares. O carregador é basicamente constituído por (Figura 74):

- Estrutura;
- Sistema de guiamento;
- Sistema passa/não passa;
- Mesa de recolha.

Os conjuntos do arame inferior são abastecidos por um operador. Ao serem libertados, estes são guiados, de forma automática, usando apenas a gravidade (Figura 74). A mesa inferior recebe um arame de cada vez através do sistema passa/não passa, deslocando-o para fora da zona de atravancamento da estrutura do carregador (Figura 75).

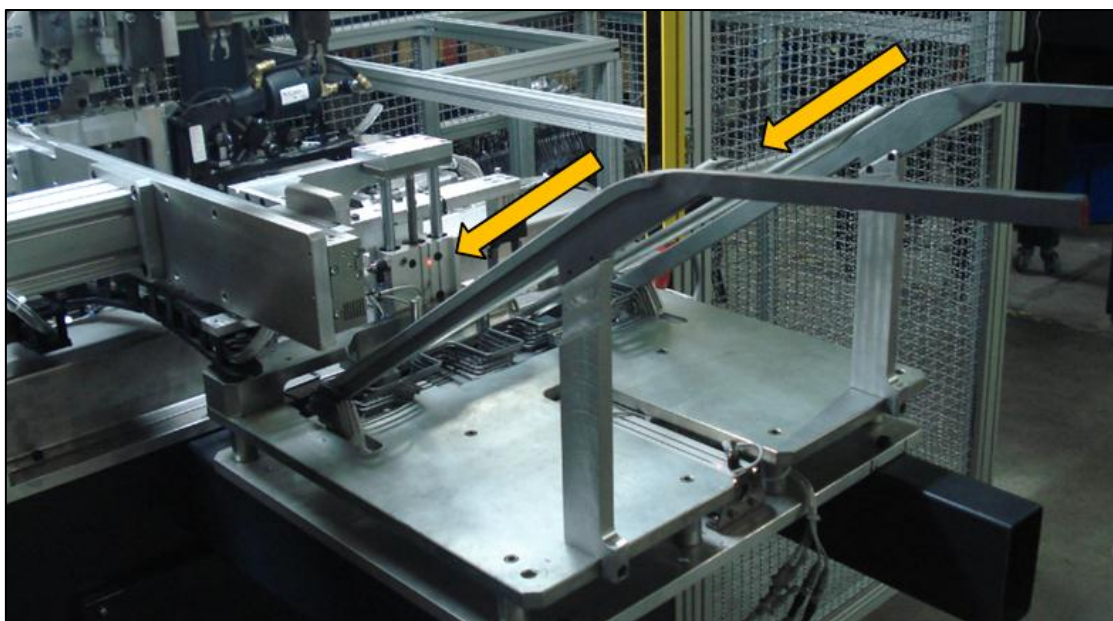


Figura 74 – Carregador desenvolvido para alocar o conjunto do arame inferior.

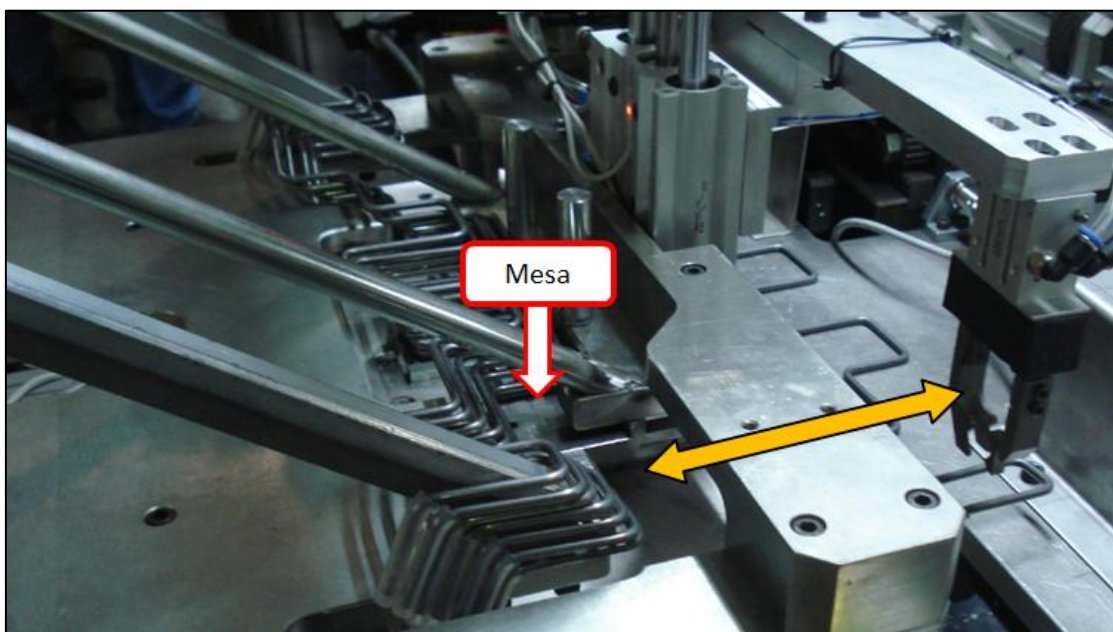


Figura 75 – Mesa de alimentação.

4) Sistema de manipulação dos arames inferiores – Necessidade 5

Comparando com o sistema para manipulação dos arames verticais, também aqui foi seguido o conceito “*pick-and-place*”. Por forma a melhorar o atravancamento do sistema, este foi apoiado apenas de um lado, filosofia quase similar ao conjunto de transporte, em forma de asna. Este manipulador tem como principais componentes (Figura 76):

- Garras de abertura paralela;
- Cilindro de mesa (movimento horizontal);
- Cilindro de haste (movimento vertical).

O conjunto é recolhido pelas garras de abertura paralela, e movimentado no sentido vertical pelo cilindro guiado. O deslocamento na posição horizontal é executado com o cilindro sem haste. Este trajecto é repetido sempre que existe a necessidade de alimentação do conjunto do arame inferior.

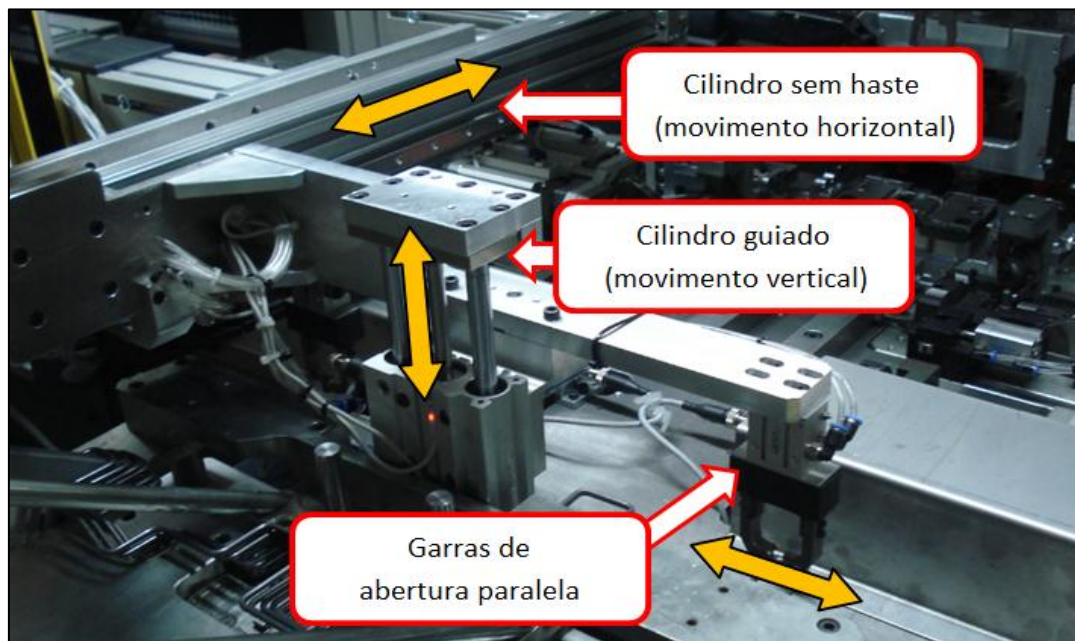


Figura 76 – Sistema de manipulação do conjunto do arame inferior com filosofia “pick-and-place”.

5) Estrutura de recolha das SM's (posto final) – Necessidade 6

O conceito idealizado para esta estrutura foi replicado com os objectivos propostos. A SM, depois das operações de montagem e deformação no posto dos ganchos ⑤, é retirada pelo último manipulador do conjunto de transporte, e é depois libertada sobre o sistema de recolha.

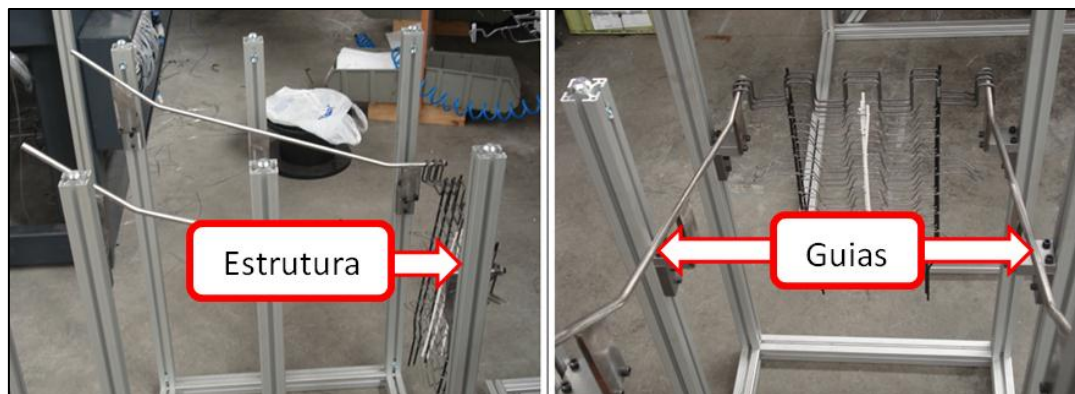


Figura 77 – Estrutura de recolha das SM's (Comparar com Figura 69).

Ao ser libertada na posição horizontal, e não existindo qualquer apoio na parte frontal, a SM é apoiada nas guias, rodando em torno das mesmas, até adquirir a posição vertical por gravidade. As guias, com a sua configuração inclinada, fazem com que a SM deslize e se desloque apenas com a gravidade, sem recurso a mecanismos pneumáticos (Figura 77).

Este é um exemplo da aplicação de sistemas simples para resolução de problemas que aparentemente necessitavam de uma solução mais elaborada.

6) Manipulador da SM no final da linha – Necessidade 7

Na Figura 78 está representado o conjunto de transporte com os cinco manipuladores solidários. O manipulador M5 é o manipulador que responde à necessidade 7. De facto, o manipulador M5 não é mais do que uma cópia dos manipuladores colocados a montante, M3 e M4.

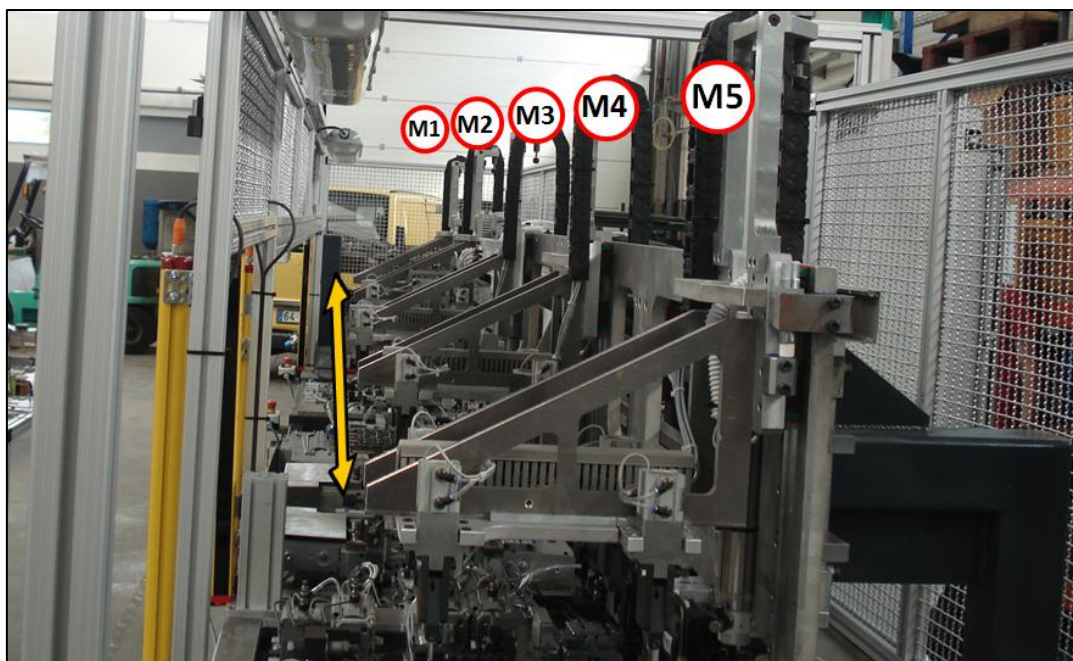


Figura 78 – Manipulador da montagem final da SM (M5).

3.7.2. Conceito considerado inviável por razões económicas

Tal como descrito, e abordado por várias vezes, o conjunto de transporte e manipulação de topo não foi implementado, vigorando, entre outros, factores económicos como decisão final. O que se pretende aqui é apresentar uma alternativa viável ao sistema actual, e justificar a sua utilização, como alternativa. O conceito aqui desenvolvido, passa por uma estrutura de perfil soldada, onde é montado um conjunto de transporte desenvolvido para manipular e transportar a SM entre os vários postos, mas desta feita, e ao contrário da estrutura actual, o conjunto circulará no topo e não na lateral. É mantida a filosofia para o accionamento do conjunto de transporte: conjunto de accionamento correia e motor. No final do projecto do conjunto de transporte que circulará no topo, são pretendidos os seguintes objectivos:

- Projecto com modelo 3D (Creo®);
- Verificação e validação dos órgãos de accionamento (correia e motor), assim como a verificação do comportamento da estrutura às solicitações impostas pelo conjunto de transporte;
- Sistema compatível com os manipuladores e com a estrutura da linha actual.

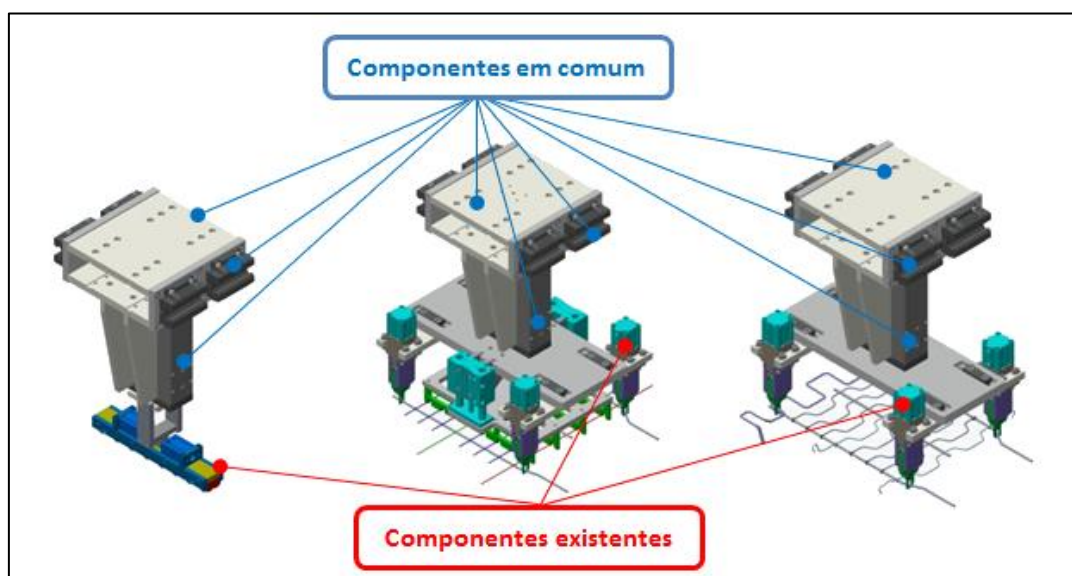


Figura 79 – Componentes existentes e componentes em comum entre manipuladores.

A estrutura e o conjunto dos manipuladores foram desenvolvidos com o cuidado de aproveitar componentes já existentes, evitando a necessidade de novas validações. Os componentes dos

manipuladores foram desenvolvidos de forma a serem comuns entre as diferentes montagens de manipuladores. Também a simplicidade foi sempre um conceito presente, minimizando o recurso a componentes em excesso e com complexidade elevada (Figura 80). A estrutura é constituída por um conjunto soldado e dois conjuntos de perfis que incorporam as guias lineares, e foi desenvolvida com a intenção de poder ser acoplada na linha final, através de uma ligação aparafusada e reforçada por um esquadro (a). A ligação dos dois conjuntos de perfis, com as guias lineares, é efectuada por intermédio de um conjunto com a mesma filosofia, ou seja, esquadro de reforço (b). Esta configuração permite que exista alguma afinação na montagem, tanto na ligação da estrutura à linha, como da ligação das guias lineares à estrutura. Tanto o conjunto soldado, como o suporte das guias lineares, são compostos por tubos de secção rectangular, com as seguintes dimensões: 120x60x5 mm³.

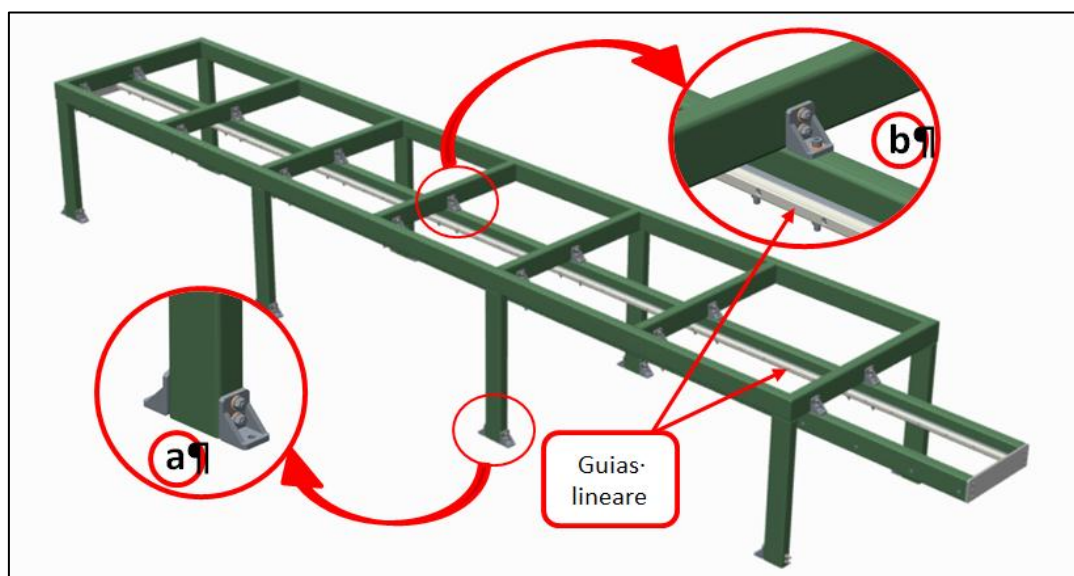


Figura 80 – Estrutura de suporte do conjunto de transporte.

O conjunto de transporte é constituído por 5 manipuladores (Figura 81), em que 3 dos manipuladores são montagens repetidas (M3, M4 e M5). De uma forma geral estes têm os seguintes componentes em comum:

- Estrutura base;
- Cilindro guiado;
- Conjunto de *Grippers* (“garras”) para manusear as várias fases da SM (estas garras já existem na empresa, em várias montagens, inclusive na linha actual).

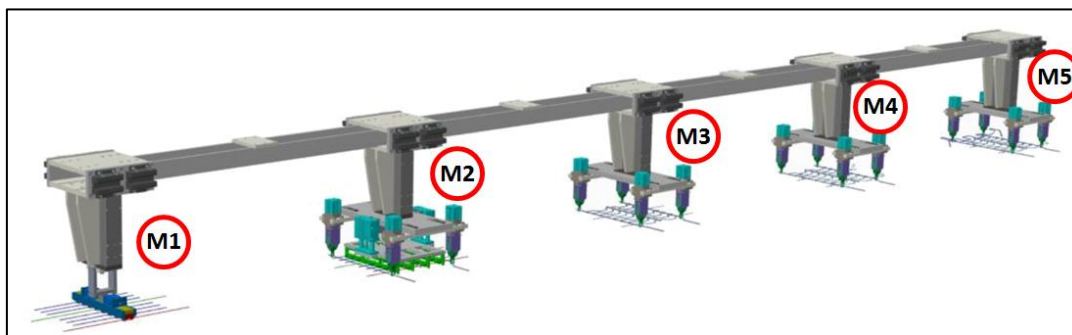


Figura 81 – Conjunto de transporte.

Todos os manipuladores são adaptados para a montagem das garras existentes, inclusive para o posto de espinha, ou seja, é possível fazer a montagem dos componentes desenhados para a solução actual. Tal como para o conjunto de transporte com forma de asna, também aqui os manipuladores manuseiam a SM entre dois postos (Figura 82).

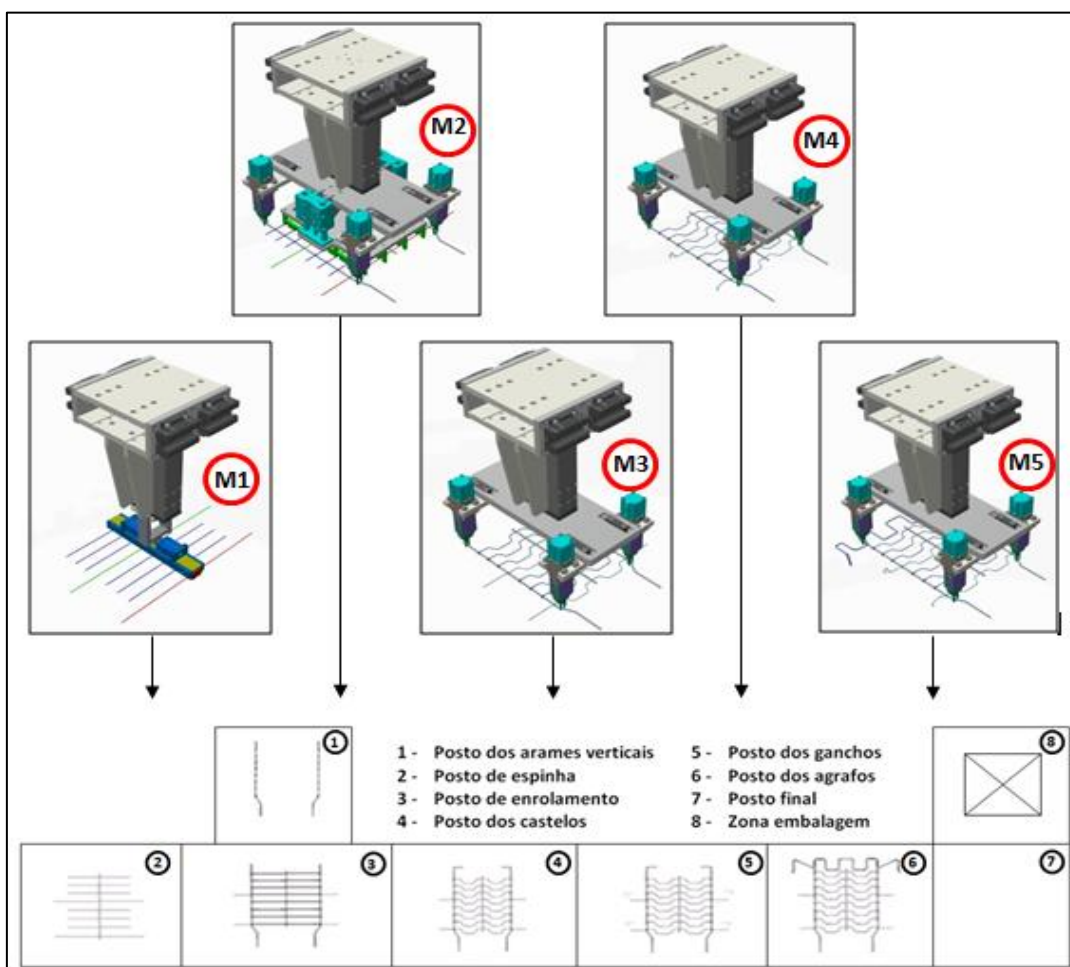


Figura 82 – Posição de cada manipulador na linha.

Verificação do sistema de transmissão com movimento linear

Concluída a modulação do conjunto de manipuladores são feitas algumas verificações de esforços existentes, para a selecção da correia e do motor.

O sistema implementado para o accionamento do conjunto de transporte (Figura 84), baseia-se num sistema onde uma correia se move à volta de polias (uma delas dentada para imprimir o movimento à correia). Este sistema encontra-se fixo na estrutura que suporta o conjunto de transporte. As extremidades da correia estão solidárias ao conjunto de transporte. No momento do accionamento da correia o conjunto de transporte desloca-se pelo movimento de avanço da correia pelas polias. Solidário com conjunto de accionamento encontra-se um *encoder*, com a função de controlar o deslocamento do conjunto de transporte com a distância correcta (neste caso 1250 mm).

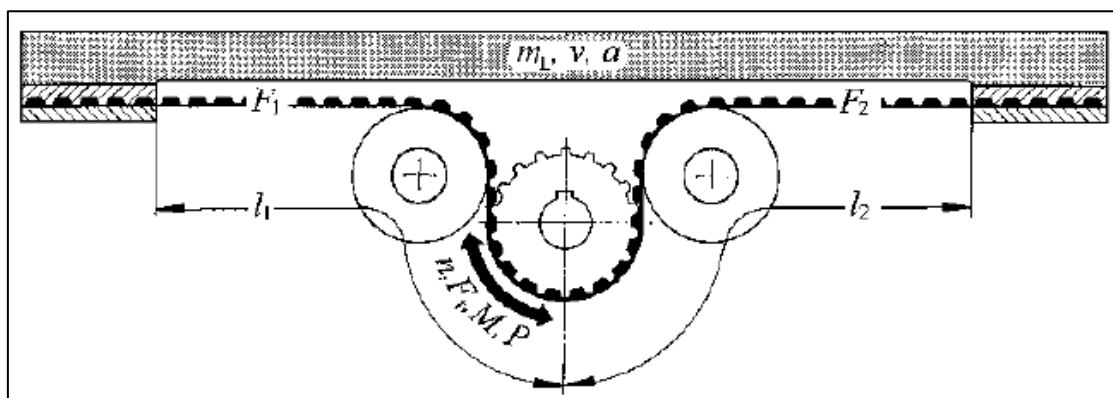


Figura 83 – Sistema de accionamento linear (Perneder, et al., 2012).

Enquanto um sistema de accionamento por parafuso sem fim apresenta uma maior rigidez, precisão em serviços de maior carga e velocidade moderada, os sistemas com correias permitem soluções com maiores acelerações e velocidades. Em termos de custo o sistema de correia é muito mais acessível. Dadas estas características, é feita a opção de um sistema de correias, onde se requer um conjunto de transporte rápido e ao mesmo tempo a um custo reduzido.

As correias são elementos elásticos e flexíveis e são usadas em sistemas de transmissão de movimento, ou potência, até em longas distâncias. São óptimas opções em relação a outros

sistemas que usam engrenagens, veios, rolamentos, etc., simplificando um projecto e trazendo vantagens em termos de custos.

O processo de cálculo para este tipo de configuração é difícil de uniformizar, devido à vasta diferença dos requisitos iniciais do desenho. Peneder, et al., (2012) propõem uma metodologia que foi utilizada para a verificação deste sistema de transmissão linear (Figura 80).

De uma forma geral as variáveis principais para o cálculo de sistemas deste tipo, são a massa que se pretende deslocar, m_L , e a aceleração, a .

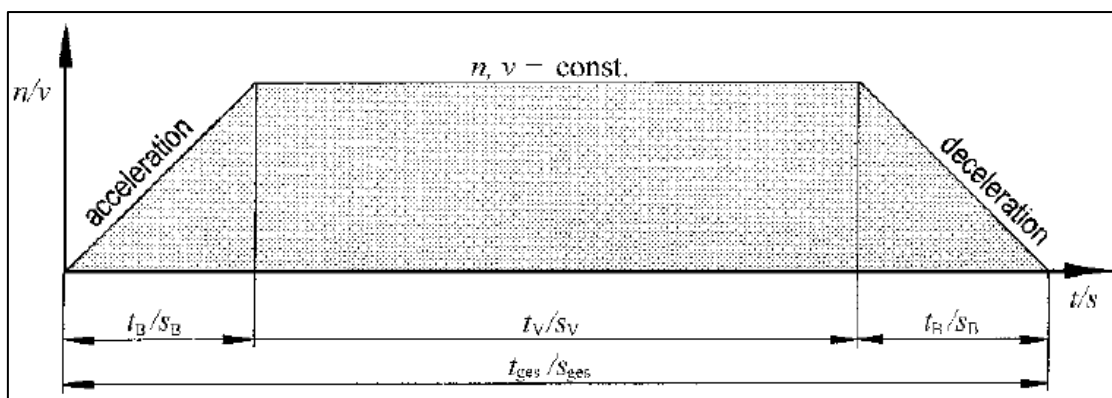


Figura 84 – Comportamento do conjunto de transporte durante o deslocamento (Peneder, et al., 2012).

Distância total percorrida:

$$s_{ges} = s_B + s_V + s_B \quad (1)$$

Onde,

- s_{ges} – Distância total percorrida [mm];
- s_B – Distância de aceleração / desaceleração [mm];
- s_V – Distância do percurso a velocidade constante [mm].

Tempo total:

$$t_{ges} = t_B + t_V + t_B \quad (2)$$

Onde,

- t_{ges} – Tempo total [s];
- t_B – Tempo de aceleração / desaceleração [s];
- t_V – Tempo do percurso a velocidade constante [s].

Velocidade e aceleração:

$$v (const) = \frac{s_V}{t_V} \quad (3)$$

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s_B} \quad (4)$$

Onde,

- v – Velocidade constante durante percurso útil [m/s];
- a – Aceleração/desaceleração (arranque/travagem) do conjunto de transporte [m/s²].

Força tangencial:

$$F_t = F_B + F_H + F_R \quad (5)$$

$$F_t = m \cdot a + m \cdot g + \mu \cdot m \cdot g \quad (6)$$

Onde,

- F_t – Força tangencial [N];
- F_B – Força devido à aceleração e desaceleração do sistema [N];

- F_H - Força de elevação [N];
- F_R - Força devido ao atrito entre os materiais [N].

Como estamos numa situação em que o sistema circula na horizontal $\rightarrow F_H = 0$;

Os coeficientes de atrito presentes no sistema, principalmente nas guias lineares, são baixos, logo não serão consideradas as forças devido ao atrito $\rightarrow F_R = 0$.

Massa a ser deslocada:

$$m = m_L + m_B + m_{zred} + m_{sred} \quad (7)$$

$$m_{zred} = \frac{m_Z}{2} \left[1 + \left(\frac{d}{d_K} \right)^2 \right] \quad (8)$$

$$m_{sred} = \frac{m_S}{2} \left[1 + \left(\frac{d}{d_S} \right)^2 \right] \quad (9)$$

Onde,

- m - Massa total a ser deslocada [kg];
- m_L - Massa do conjunto de transporte [kg];
- m_B - Massa da correia [kg];
- m_{zred} - Massa reduzida da polia dentada [kg];
- m_{sred} - Massa reduzida da polia intermédia [kg];
- m_Z - Massa da polia dentada [kg];
- m_S - Massa da polia intermédia [kg];
- d_K - Diâmetro exterior da polia dentada [mm];
- d_S - Diâmetro da polia intermédia [mm];
- d - Diâmetro do furo interior [mm].

Antes de se proceder à verificação do sistema de transmissão linear, são descritas as características dos componentes principais:

- Correia:

Tabela 8 – Características da correia.

Correia em poliuretano com cabos de aço				
Fornecedor	Tipo	Passo [mm]	Largura [mm]	Carga de tracção máx. [N]
ROLISA	AT 10 - 32	10	32	4880

- Polia dentada:

Tabela 9 – Características da polia dentada.

Polia dentada em ALUMÍNIO UNI 9006 - T6						
Fornecedor	Tipo	Nº dentes	d_K [mm]	d [mm]	Largura [mm]	m_Z [kg]
ROLISA	47 AT 10 32	26	80.90	30	37	0.46

- Polia intermédia:

Perner, et al., (2012) recomenda que a polia intermédia tenha um diâmetro mínimo de 60 mm para a correia seleccionada.

Tabela 10 – Características da polia intermédia.

Polia intermédia em alumínio			
d_s [mm]	d [mm]	Largura exterior [mm]	m_Z [kg]
80	47	42	0.40

Com os dados do fornecedor é possível avançar para a verificação do sistema.

- Velocidade $\rightarrow v (const) = \frac{1000 \times 10^{-3}}{3} = 0.33 \text{ m/s}$

- O cálculo da velocidade é obtido pela divisão da distância útil que o conjunto de transporte vai percorrer, 1000 mm, pelo tempo estipulado de 3 segundos. O tempo restante é reservado para a aceleração e desaceleração.
- Aceleração/Desaceleração $\rightarrow a = \frac{0.33^2}{2 \times 125 \times 10^{-3}} = 0.44 \text{ m/s}^2$
- $m_L = 310 \text{ kg}$ (valor estimado pelo *software* de desenho);
 - O cálculo da massa é efectuado pelo somatório de todos os componentes que se movimentam com o conjunto de transporte (manipuladores + barras de união dos manipuladores).
- O valor da massa da correia, m_B , é desprezado.
- $m_{Zred} = 0.26 \text{ kg}$;
- $m_{Sred} = 0.27 \text{ kg}$;
 - As massas reduzidas, m_{Zred} e m_{Sred} , são massas equivalentes com a mesma massa de inércia, em relação à linha neutra da correia em consequência das polias rodarem sobre o eixo de rotação.

Das equações (5) e (6) retiramos o valor da força tangencial:

$$F_t = (m_L + m_B + m_{Zred} + 2 \cdot m_{Sred}) \cdot a = ((310 + 0.26 + 2 \times 0.27) \times 9.81) \times 0.44 \approx 1355 \text{ N}$$

A correia de um sistema linear está correctamente pré-tencionada quando mantém o lado contrário da aplicação da força tangencial, F_t , esticado. É necessário que exista uma pré-tensão, F_V , que seja maior ou igual que a força tangencial, F_t .

$$F_V \geq F_t \quad (10)$$

Logo a correia estará sujeita a uma força máxima, F_{max} , quando, F_t e F_V estão a actuar ao mesmo tempo:

$$F_{max} = F_t + F_V \quad (11)$$

Da aplicação directa da equação (11), considerando a situação limite de $F_V = F_t$:

$$F_{max} = 2 \times 1355 = 2710 \text{ N}$$

Com o valor de tracção máximo, $F_u = 4880$ N, que a correia pode suportar verificamos que:

$$F_u > F_{max} = 4880 > 2710 \text{ N}$$

Obtemos um coeficiente de segurança, $c. s.$:

$$c. s. = \frac{4880}{2710} = 1.8$$

Motor

Para a selecção de um motor capaz de movimentar a estrutura completa do conjunto de transporte, e após a verificação da correia, é necessário calcular os dados de entrada. O motor seleccionado, é um motor da SEW-EURODRIVE.

Para seleccionar o motor, no programa definido da SEW (DRIVE-GATE), é necessário estabelecer quais são os dados de entrada. Com as equações abaixo representadas, é possível calcular esses dados.

$$P = B \times w \quad (12)$$

$$B = F_t \times \frac{d_K}{2} \quad (13)$$

$$w = \frac{v}{d_K/2} ; n = \frac{w \times 30}{\pi} \quad (14) \text{ e } (15)$$

Onde,

- P – Potência [w];
- B – Binário [N.m];
- w – Velocidade angular [rad/s];
- n – Rotações por minuto [rpm].

Da verificação da correia temos que: $F_t = 1355 \text{ N}$ e $d_K = 80.90 \text{ mm}$. Aplicando as equações (12) e (13) temos então:

$$w = \frac{0.33}{80.90/2} = 8.24 \text{ rad/s} \rightarrow n = \frac{8.24 \times 30}{\pi} = 78.7 \approx 79 \text{ rpm}$$

$$B = 1355 \times \frac{80.90}{2} = 54.81 \text{ N.m}$$

Os valores anteriormente calculados, são suficientes para a selecção do motor. De qualquer forma é possível prever o valor mínimo de potência esperado para o motor, através da equação (14):

$$P = 54.81 \times 8.24 = 451.70 \text{ w}$$

Com os dados de entrada, velocidade (rpm) e o binário, é seleccionado o motor (a ficha do motor está em anexo). Na Tabela 11 estão representadas as características principais do motor.

Tabela 11 – Características principais do motor seleccionado.

Motor SEW-EURODRIVE: WF37DRE80M4/EI71	
Velocidade nominal do motor [rpm]	1435
Velocidade de saída [rpm]	76
Relação de Transmissão média	18,94
Torque saída [N.m]	81
Potência do motor [kw]	0.75
Peso Líquido [kg]	19
Nota: O motor já possui um <i>encoder</i> integrado (EI71).	

O motor seleccionado cumpre com os valores de entrada. Também se verifica que o valor da potência é superior ao valor calculado. Salienta-se para o facto do motor ter integrado um *encoder*. Este é usado para o posicionamento correcto do conjunto de transporte ao longo da estrutura.

Verificação da estrutura de suporte do conjunto de transporte

Para a análise e verificação do comportamento da estrutura de suporte ao conjunto de transporte, recorreu-se a um programa de elementos finitos. A evolução natural na área das análises estruturais, através do recurso a várias formulações, como por exemplo o método de elementos finitos, levou ao desenvolvimento e à adaptação em alguns casos, de vários *softwares* que dessem resposta a uma procura crescente. Independentemente do *software* seleccionado, para uma análise deste tipo, todos têm por base uma estrutura para a modelação da análise, que passa por definir (Figura 85):

- 1) Tipo de estudo;
- 2) Tipo de material;
- 3) Condições fronteira;
- 4) Esforços aplicados;
- 5) Tipo de ligações;
- 6) Criação da malha;
- 7) Processamento da análise;
- 8) Análise de resultados.



Figura 85 – Fluxo de uma análise de um componente com recurso a um *software* baseado em elementos finitos (SOLIDWORKS).

Salienta-se que será apenas feita a descrição do estudo por um programa dedicado a análises deste tipo. A explicação do método e a/ descrição das funcionalidades do *software* seleccionado não serão aqui abordadas.

O programa Ansys® foi o seleccionado para a análise da estrutura. Assim, e por forma a existir compatibilidade entre programas, foi executada a migração do modelo da estrutura (modelada em Creo®) para um formato reconhecido pelo programa Ansys®. Antes do processo de migração efectuou-se uma simplificação do modelo, relativamente aos componentes não estruturais, com o intuito da análise ficar o mais simples possível, já que o aumento da complexidade do modelo aumenta a necessidade de recursos por parte do *hardware* de análise.

1) Tipo de estudo

Já com o modelo no programa de análise estrutural, foi criado o tipo de estudo, de forma a verificar o comportamento da estrutura sobre o efeito das acções impostas, pelo conjunto de transporte. Assim, apenas será considerado o esforço provocado pelo conjunto e o peso próprio da estrutura (não são considerados os efeito dinâmicos). Dados estes pressupostos, definiu-se que o estudo seria estático.

2) Tipo de material

O corpo da estrutura é na sua maioria constituído por tubos rectangulares de 120 x 60 mm², soldados. Apenas os perfis onde circula o conjunto de transporte são montados por ligação aparafusada. Com o tipo de estudo definido é seleccionado o material para a estrutura: Aço estrutural S235, segundo a norma EN10025-2.

3) Condições fronteira

Para a atribuição das restrições é feito um estudo de forma que a idealização seja a mais próxima da realidade. As restrições baseiam-se então em apoios simples e duplos, onde os deslocamentos são nulos e onde as rotações são permitidas (Figura 86).

- Apoio simples [deslocamento nulo em dois eixos (x e y)];
- Apoio duplo [deslocamento nulo nos três eixos (x, y e z)].

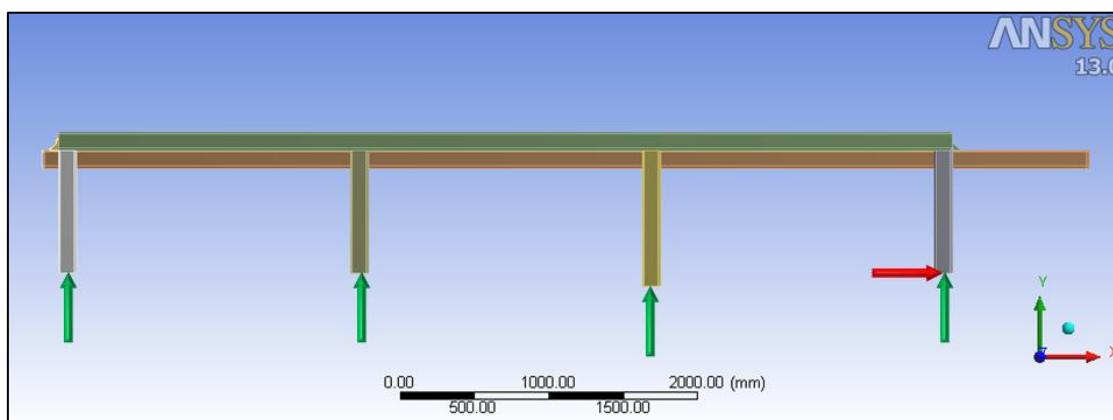


Figura 86 – Aplicação das condições fronteira.

4) Esforços aplicados

Na aplicação dos esforços foi considerada uma carga distribuída, ao longo dos dois suportes das guias, de 3040 N. Também foi considerado o peso próprio da estrutura.

- Carga aplicada: 310 kg \approx 3040 N (valor estimado pelo software de desenho);
- Peso próprio da estrutura.

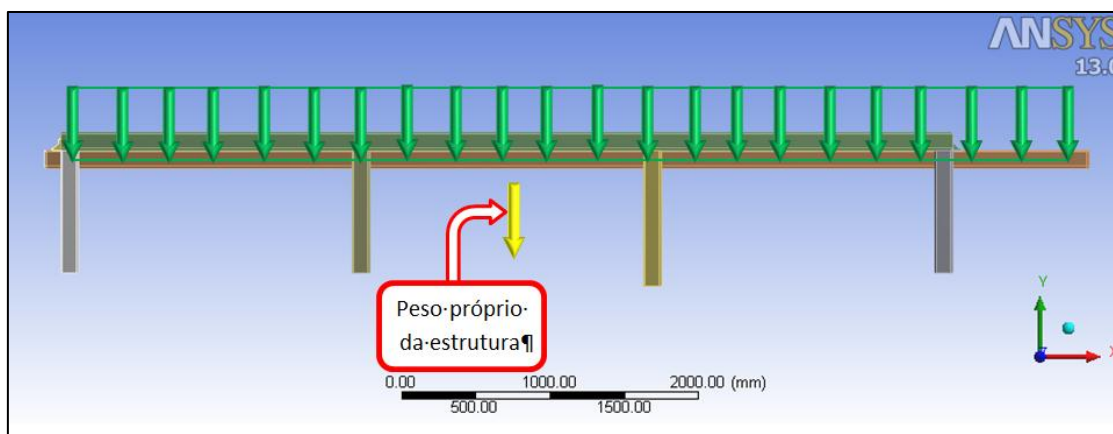


Figura 87 – Aplicação dos esforços.

5) Tipo de ligação

No caso de estudo, o programa assume que as superfícies de contacto dos vários componentes da estrutura estão definidas por um tipo de ligação: “Bonded” – isto é, as superfícies de contacto encontram-se unidas (“coladas”). Assim, não é permitido o deslizamento, nem

separação, entre as zonas de contacto definidas. Aproxima com algum rigor o tipo de ligação utilizado, mas essencialmente apresenta a vantagem de simplificar bastante a análise.

6) Criação da malha

A discretização (transformação do modelo contínuo em unidades individuais) pode ser feita de várias formas e com diferentes tipos de elementos. No caso em estudo, são respeitadas, na sua maioria, as definições que o programa estabelece por defeito. Apesar dos perfis serem de secção constante, teríamos a opção de escolher elementos unidimensionais, para a definição da malha. O elemento que é seleccionado pelo programa, por defeito, para a análise da estrutura, é o elemento tridimensional tetraédrico. A utilização deste tipo de elemento conduz a uma aproximação mais fiel dos campos de deformação e tensões no interior dos elementos.

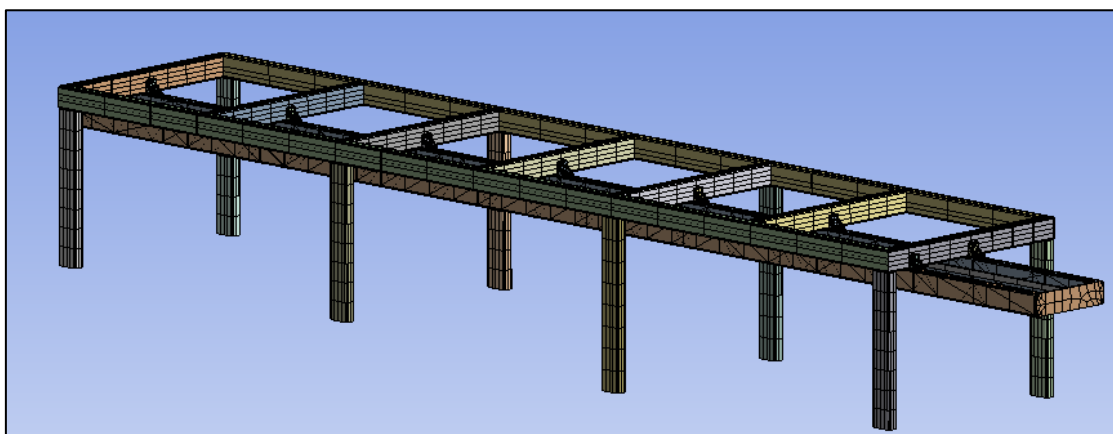


Figura 88 – Modelo após criação da malha.

7) Processamento da análise

Definidas todas as condições anteriores, são seleccionados os seguintes parâmetros para estudar o comportamento da estrutura sujeita aos esforços:

- Deslocamento total, δ ;
- Tensão equivalente de *von Mises*, σ_{VM} .

8) Análise dos resultados

Após o processamento da análise estrutural é possível visualizar o resultado do comportamento da estrutura, face aos esforços impostos.

Análise do deslocamento total

O deslocamento verificado (Figura 89) não compromete a estrutura, nem a funcionalidade de todo o sistema. A estrutura é suficientemente rígida e o comportamento observado, perante o esforço aplicado, faz com que o deslocamento sofrido seja o mais reduzido possível, de forma a não se verificar qualquer desalinhamento perante o deslocamento do conjunto de transporte.

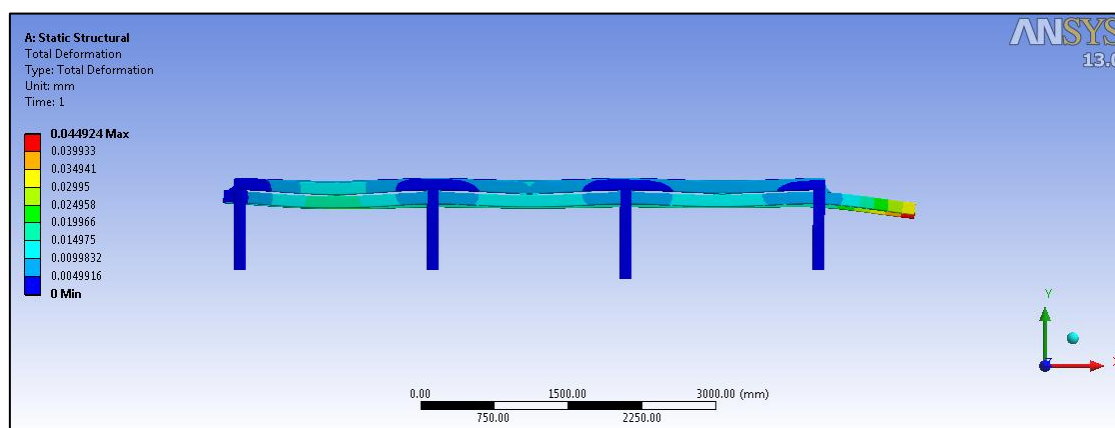


Figura 89 – Resultado do deslocamento total.

Análise da tensão equivalente

O valor da tensão equivalente, previsto pelo *software* (Figura 90), nas condições impostas, é de aproximadamente 4 MPa, muito longe da tensão de cedência do material seleccionado para a estrutura, 220 MPa. Com a análise efectuada, e com os resultados obtidos, torna-se evidente que a estrutura pode ser objecto de optimização.

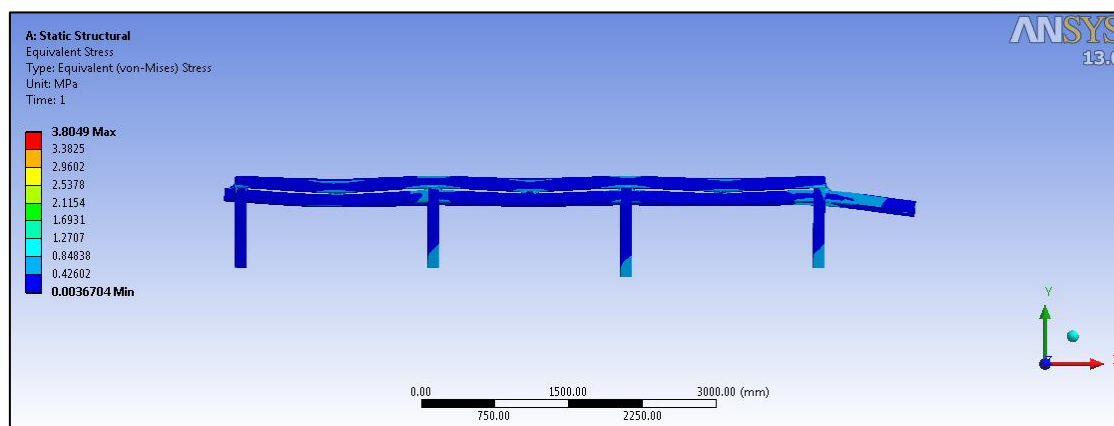


Figura 90 – Distribuição das tensões na estrutura (Tensão Equivalente de von Mises).

Da análise feita à estrutura conclui-se que esta não está comprometida com os esforços impostos pelo conjunto de transporte.

Comentários finais da estrutura estudada

Em relação ao conjunto com forma de asna, este novo conjunto de transporte apresenta as seguintes vantagens:

- Conjunto compatível com os manipuladores existentes;
- Estrutura mais simples e rígida;
- Esforços uniformemente distribuídos pela estrutura;
- Utilização de componentes já existentes;
- Atravancamento melhorado;
- Número reduzido de componentes;
- Esforços bastante abaixo do limite estipulado para os materiais definidos neste trabalho.

3.7.3. Conceito considerado inviável por razões técnicas

Devido ao facto de existirem alterações a nível do projecto da linha, em particular no posto de espinha, por parte da empresa, alguns dos conceitos iniciais não foram implementados (Necessidade 2 e Necessidade 8, que passou para projecto académico, discutido anteriormente). O facto de os conceitos não serem implementados, não significa directamente que estes não fossem adequados para o objectivo em questão, aliás, estes só fariam sentido se a linha se mantivesse sem alterações.

O conceito não implementado e em análise recai na necessidade 2, “Sistema de manipulação e transporte da espinha, do posto de espinha para o posto de enrolamento”. A não aplicação do sistema de manipulação é justificada pela alteração de filosofia de alimentação dos arames, efectuada pelo fornecedor, no posto de espinha. Apesar da não implementação do sistema de manipulação, salienta-se que as alterações, por parte da empresa, foram importantes para aumentar a produtividade da linha IBK. Com estas alterações, do posto de espinha, foi possível reduzir o tempo de ciclo de montagem da SM.

De uma forma sucinta, com a alteração no posto, a espinha passa a ser montada com uma descarga única dos arames horizontais, onde o único tempo necessário é a descarga dos arames e a operação de introdução dos arames no tubo central, ficando a espinha pronta a ser manipulada (no capítulo da caracterização do processo é feita a descrição da filosofia antiga). Caso fosse mantida a filosofia antiga, para a montagem da espinha central, o tempo de ciclo de montagem era comprometido por este posto.

Tal como abordado no capítulo anterior, onde é descrito o processo de montagem da SM, além da necessidade de existir um manipulador dedicado para o posto de espinha, não seria possível ter o mesmo solidário com o restante conjunto de transporte, independentemente do conjunto ser alocado na lateral ou no topo (ver Figura 53). Esta impossibilidade justifica-se pelo facto de que, quando o posto de espinha está a fazer a montagem da espinha, é necessário que o manipulador permaneça no posto para auxiliar a montagem dos arames no tubo central (o manipulador possui metade do molde que suporta o tubo central). Para melhor compreender a importância da alteração do posto de espinha no tempo de ciclo de uma SM, foi feito o levantamento dos tempos de cada operação. Os tempos foram recolhidos no local da linha IBK, outros foram estimados com base em filmagens. Estes resultados servem também de base para estimar o tempo que a montagem de uma SM terá no final de todas as alterações efectuadas.

Estudos dos fluxogramas de processo e tempos de ciclo necessários em cada solução

Na Figura 91 estão representados os tempos de ciclo para cada posto e para o manipulador, no caso do posto de espinha proposto.

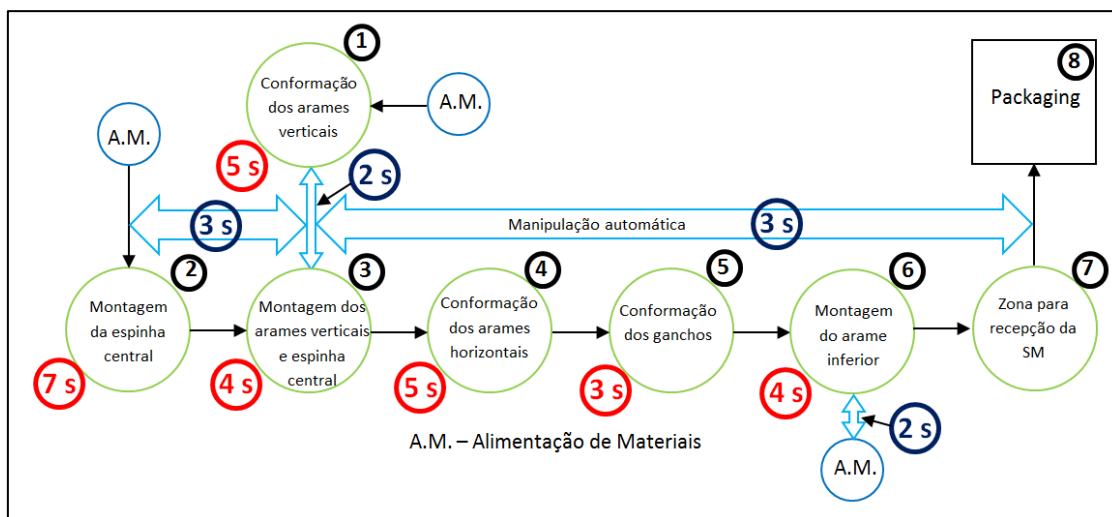


Figura 91 – Tempos estimados de cada operação e manipulação (proposta).

Supondo que se começam a fazer as operações de montagem e de conformação em todos os postos, encontramos-nos na seguinte situação (Tabela 12):

- Ao fim de 3 segundos a conformação realizada no posto dos ganchos está finalizada;
- Ao fim de 4 segundos o enrolamento está completo, assim como a ligação por agrafos;
- Ao fim de 5 segundos os arames verticais estão prontos, juntamente com a conformação efectuada no posto dos castelos;
- O conjunto de transporte faz a manipulação entre os postos, durante 2 segundos, aguarda o abastecimento dos arames verticais (com um tempo de trabalho de 2 segundos), e avança mais 1 segundo;
- Ao fim de 7 segundos a espinha está montada;

- É realizada a manipulação da espinha, durante 3 segundos, só depois dos arames verticais estarem colocados no posto de enrolamento e o conjunto fora da área de acção do manipulador de espinha;
- Ao mesmo tempo é abastecido o arame inferior (2 segundos) – Ciclo finalizado.

Tabela 12 – Tempos estimados de cada operação e manipulação (proposta).

Posto	Tipo de operação	Tempo [s]														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Posto dos arames verticais	Conformação	█														
	Manipulação							█	█							
Posto de espinha	Montagem	█														
	Manipulação										█	█	█			
Posto de enrolamento	Enrolamento	█														
	Manipulação						█	█		█						
Posto dos castelos	Conformação	█														
	Manipulação						█	█		█						
Posto dos ganchos	Conformação	█														
	Manipulação						█	█		█						
Posto dos agrafos	Ligação	█														
	Manipulação						█	█		█						
	Manipulação											█	█			

Legenda:

█	Tempo da operação
█	Manipulador espinha
█	Manipulador arames verticais
█	Manipulador conjunto arame inferior transporte
█	Conjunto transporte

Com a filosofia antiga do posto de espinha, e com base na Tabela 12, estima-se que seriam necessários pelo menos 12 s para montar uma SM. Este tempo é de todo definido pelo posto de espinha e pelo manipulador dedicado para a manipulação da espinha.

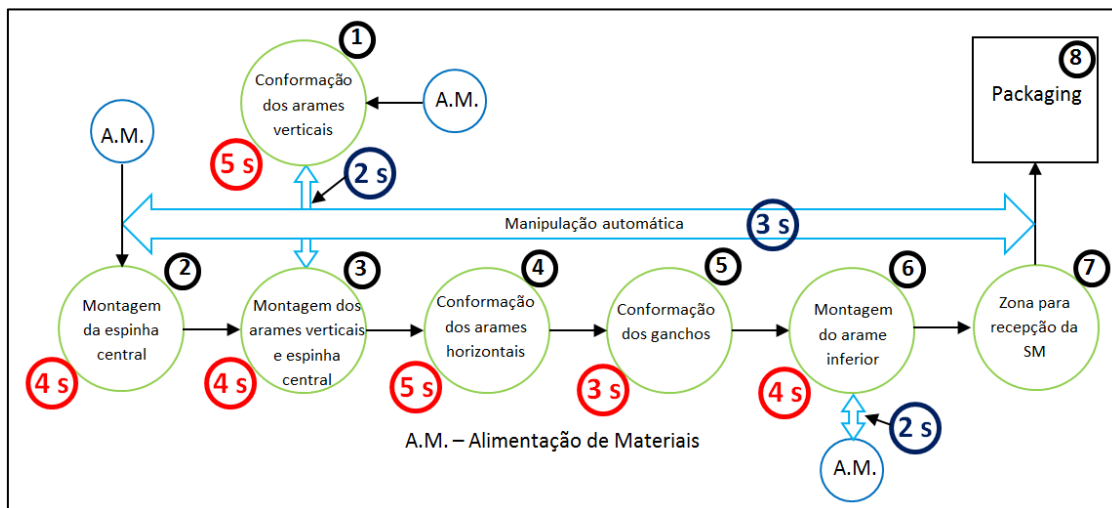


Figura 92 – Tempos de cada operação e manipulação (linha final).

Os tempos de ciclo para cada posto e manipulador, no caso do posto de espinha final, que coincide com o posto implementado, mantêm-se, com excepção (Figura 92):

- Posto de espinha – reduz para 4 s;
- Manipulador da espinha – necessidade eliminada.

Tabela 13 – Tempos de cada operação e manipulação (linha final).

Posto	Tipo de operação	Tempo [s]														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Posto dos arames verticais	Conformação	█														
	Manipulação							█								
Posto de espinha	Montagem	█														
	Manipulação						█			█						
Posto de enrolamento	Enrolamento	█														
	Manipulação						█			█						
Posto dos castelos	Conformação	█														
	Manipulação						█			█						
Posto dos ganchos	Conformação	█														
	Manipulação						█			█						
Posto dos agrafos	Ligação	█														
	Manipulação						█			█						
	Manipulação											█				

Legenda:

- █ Tempo da operação
- █ Manipulador arames verticais
- █ Manipulador conjunto arame inferior transporte
- █ Conjunto transporte

Fazendo a mesma suposição que no caso anterior, em que se começam a fazer as operações de montagem e de conformação simultaneamente, encontramos-nos na seguinte situação (Tabela 13):

- Ao fim de 3 segundos a conformação realizada no posto dos ganchos está finalizada;
- Ao fim de 4 segundos o enrolamento está completo, assim como a ligação por agrafos e a espinha;
- Ao fim de 5 segundos os arames verticais estão prontos, juntamente com a conformação efectuada no posto dos castelos;
- O conjunto de transporte faz a manipulação entre os postos, durante 2 segundos, aguarda o abastecimento dos arames verticais (com um tempo de trabalho de 2 segundos), e avança mais 1 segundo;
- É abastecido o arame inferior (2 segundos) – Ciclo finalizado.

Na Tabela 12 e na Tabela 13 é possível identificar a diferença de tempo da montagem da SM nas duas situações (proposta e final). Na verdade apenas se verifica um ajuste de 1 segundo no ciclo de montagem da SM.

Esta análise de tempos de ciclo de montagem serve como base para a configuração final da linha IBK.

3.8. Adaptações à realidade

Neste ponto será apresentada, de uma forma geral, a implementação de todos os conceitos idealizados durante a construção da linha IBK (Figura 93).

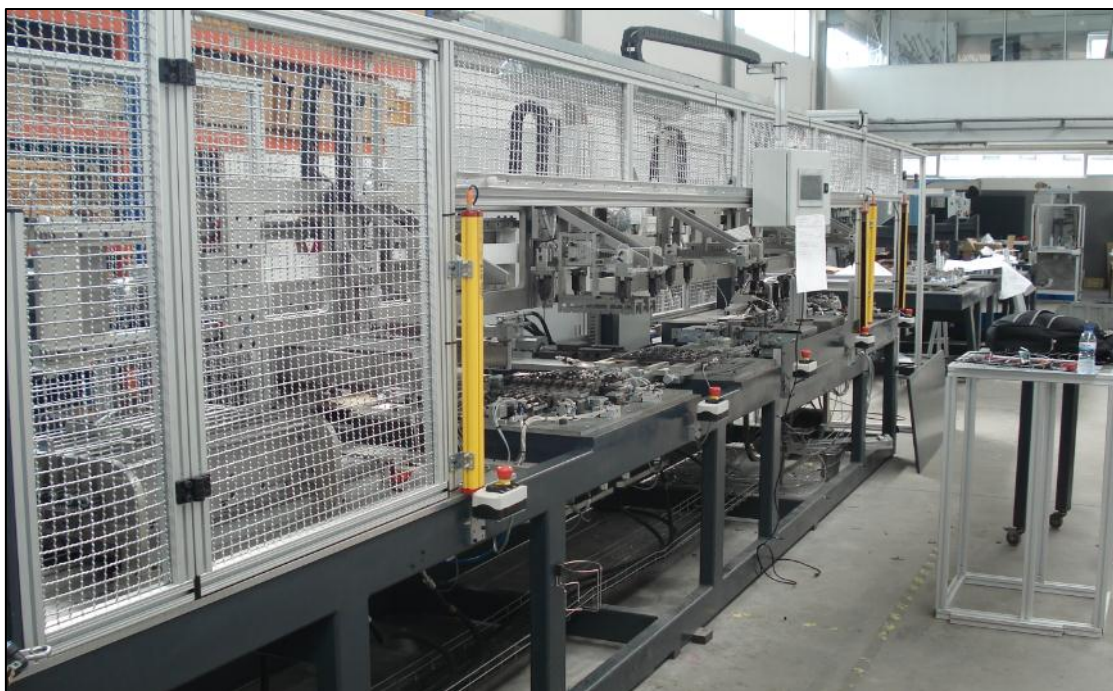


Figura 93 – Aspecto geral da linha IBK efectivamente construída.

A linha IBK foi projectada com o objectivo de dar resposta ao objectivo inicial: uma linha totalmente automatizada. Os conceitos idealizados neste trabalho ajudaram e contribuíram para o alcance desse objectivo. É efectuada assim uma visão geral de toda a linha IBK, evidenciando os conceitos implementados que contribuíram para a migração de uma linha semiautomática para uma linha totalmente automática, desde a sua reestruturação até à eliminação da necessidade de intervenção manual na produção e manipulação das SM's (Figura 94).

No final do processo de migração, destacam-se dois pontos:

- Montagem da SM totalmente independente da intervenção humana;
- Manipulação da SM totalmente automática, sem necessidade de intervenção dos operadores.

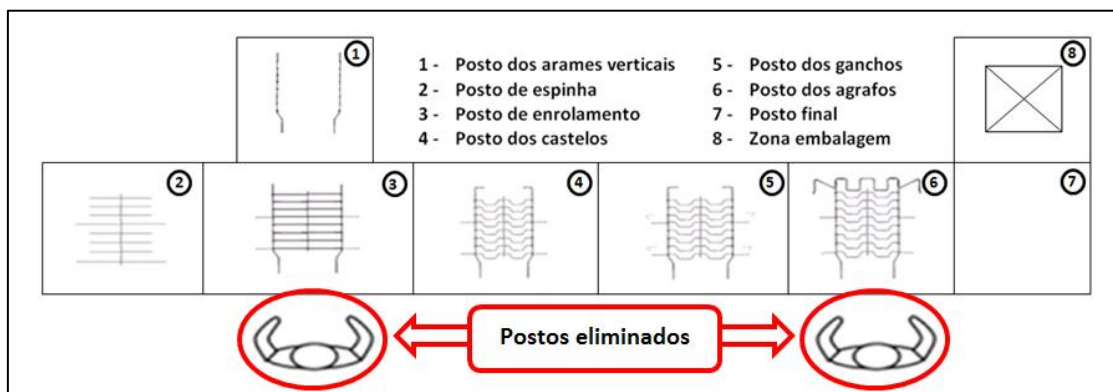


Figura 94 – Visão geral da linha implementada.

Tal como já referido anteriormente, a definição dos conceitos teve duas fases. A primeira fase recaiu no estudo da montagem efectuada pelo primeiro operador, localizado no posto de enrolamento. A primeira necessidade incidiu na definição do melhor posicionamento do posto de espinha e no posto dos arames verticais na linha IBK, com a finalidade de cruzar os componentes fornecidos por estes postos no posto de enrolamento. Na Figura 95 está representado o posicionamento do posto de arames verticais, localizado na parte posterior da linha IBK, alinhado com o posto de enrolamento.

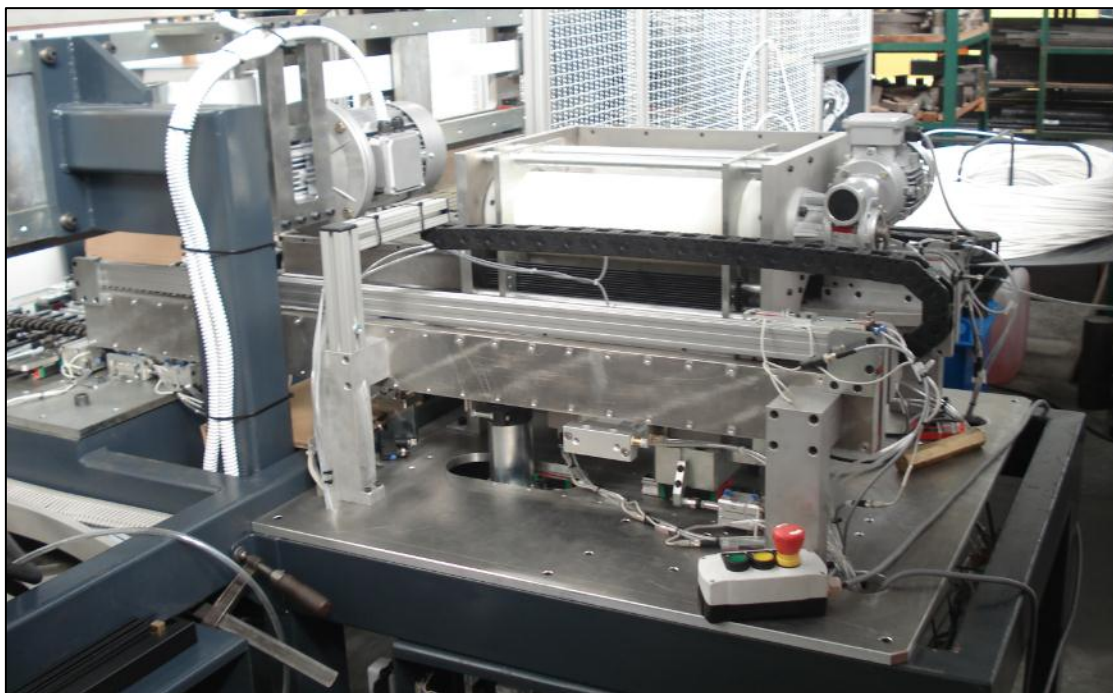


Figura 95 – Posição do posto de arames verticais na linha IBK.

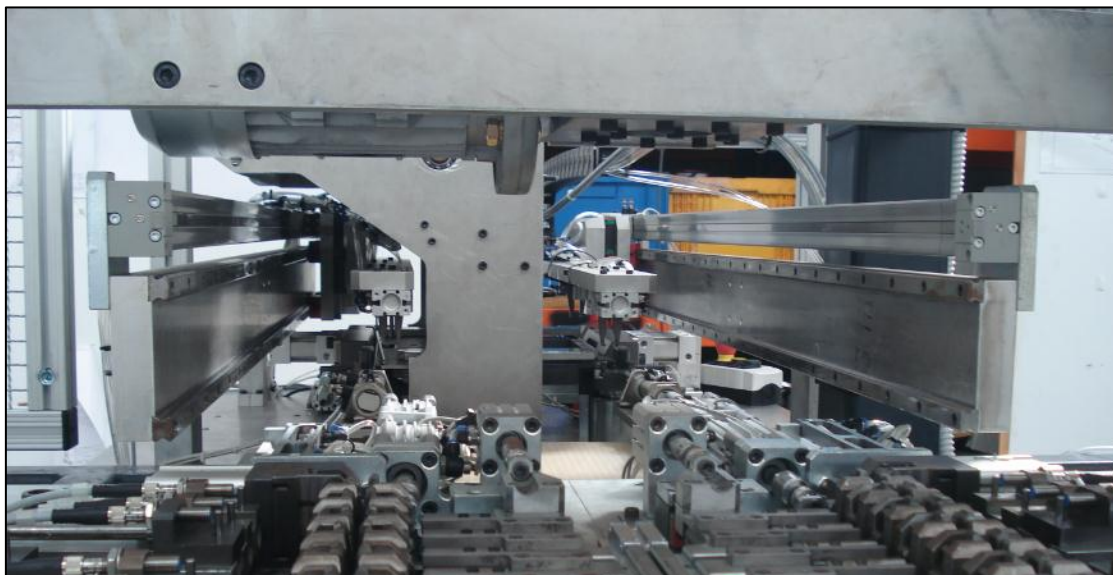


Figura 96 – Sistema de manipulação dos arames verticais.

Para a manipulação dos arames verticais optou-se por implementar um sistema simples e com o menor número de movimentos possível, tal como o conceito sugerido. Esse sistema segue a filosofia “*pick and place*” (Figura 96).

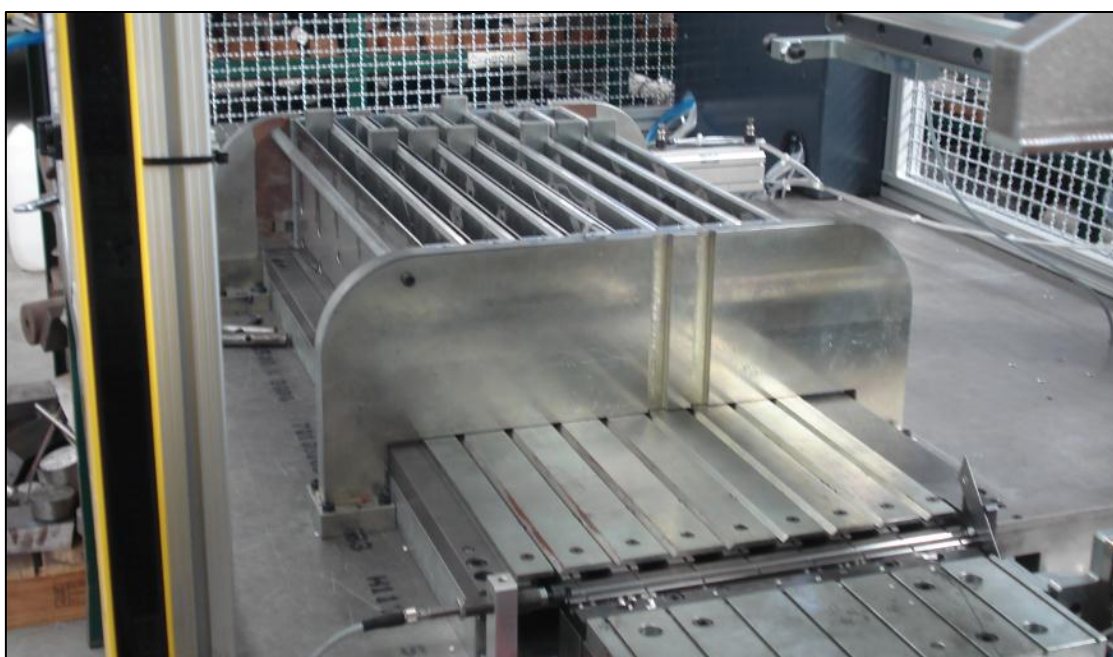


Figura 97 – Posto de espinha alterado.

Os conceitos iniciais definidos para a manipulação da espinha, desde o posto de espinha até ao posto de enrolamento não foram utilizados, por questões técnicas. A redefinição do posto de espinha eliminou essa necessidade (Figura 97). Assim, a manipulação da espinha passou a ser efectuada pelo conjunto de transporte em forma de asna (Figura 98).



Figura 98 – Conjunto de transporte em forma de asna.

O conjunto de manipulação sugerido não foi implementado por razões económicas. Contudo, o estudo e projecto para a manipulação no topo da linha IBK não foi esquecido. Fica assim registada uma oportunidade de melhoria e a ideia de um conceito a considerar no futuro. Passando à segunda fase da análise de optimização, ou seja, às operações executadas pelo segundo operador presente na linha IBK, foram estudadas as possibilidades para apoiar o processo de migração. Esta segunda fase, localizada no posto de agrafos (Figura 99), tinha como principais pontos:

- Criar condições para alimentar o conjunto dos arames inferiores;
- Definir um posto final com condições para alocar a SM finalizada.

Os conceitos idealizados para esta fase foram implementados quase na sua integridade. Para a alimentação do conjunto do arame inferior foi implementado um carregador, que abastece um manipulador com filosofia “*pick and place*” (Figura 100). Este manipulador coloca o conjunto do arame inferior na sua posição final e repete este trajecto sempre que é solicitado.

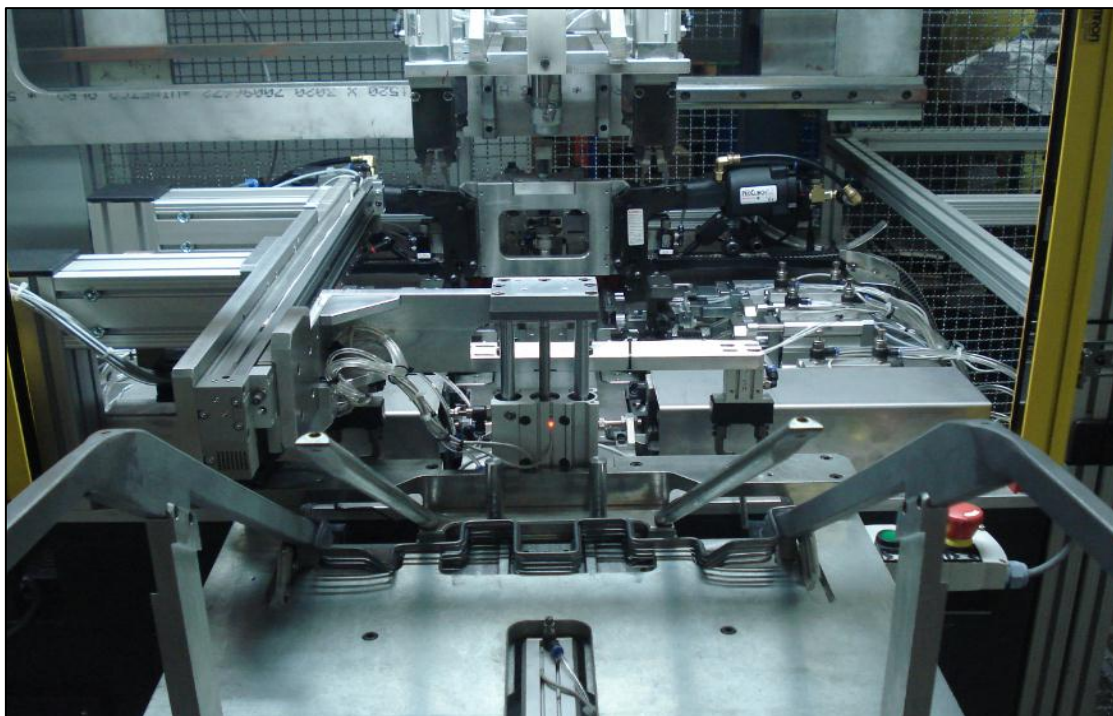


Figura 99 – Posto de agrafos (antigo posto com operador).

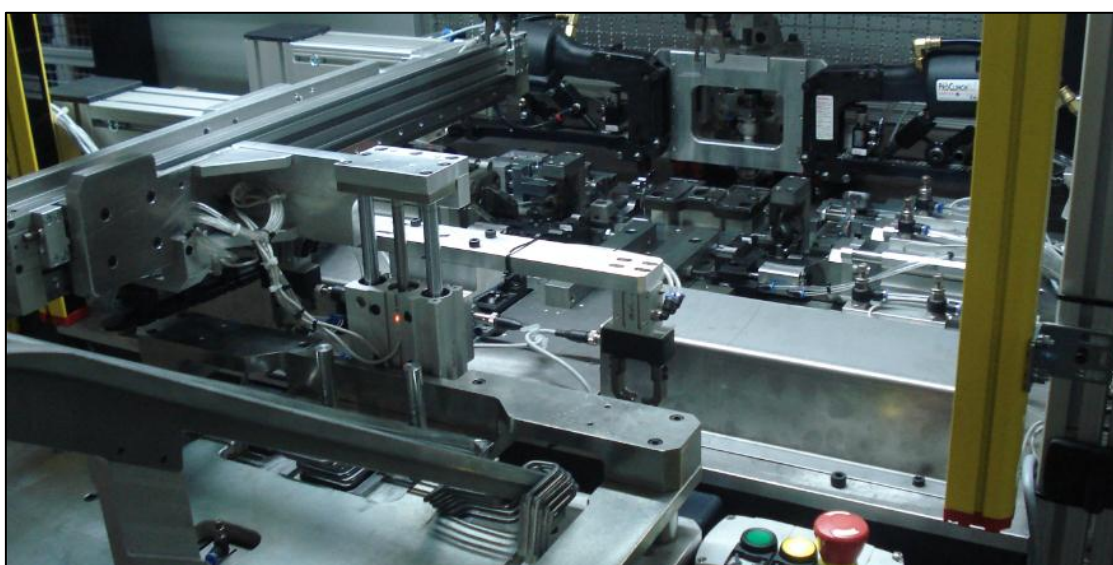


Figura 100 – Manipulação do conjunto dos arames inferiores.

A recepção da espinha com as operações finais é efectuada no posto final a partir de uma estrutura simples que aloca as SM's (Figura 101).



Figura 101 – Posto final da linha IBK.

4. Conclusões

De acordo com o objectivo definido no início deste trabalho, a implementação dos conceitos aqui estudados, ajudou à optimização da linha IBK e no processo de migração para uma linha totalmente automática. De uma forma mais detalhada podemos concluir que:

- Os conceitos idealizados que foram seleccionados e implementados integram o projecto da linha IBK;
- As montagens efectuadas por parte dos operadores, no posto de enrolamento e no posto dos agrafos, foram replicadas por sistemas e estruturas automáticas;
- A linha passa a ter estabilidade e fluidez no processo, ultrapassando as limitações de montagens defeituosas. A eliminação de manipulações manuais também contribuiu para a linearidade da linha, evitando paragens devido à falta de componentes;
- O tempo de ciclo proposto para a linha foi alcançado. A uniformização de um tempo de ciclo ajuda a perceber a evolução e o contributo para o aumento de produtividade.

A fase de anteprojecto é uma etapa a ter em conta no ciclo de vida de um projecto. O desenvolvimento dos vários conceitos, nesta etapa, anteviu situações que poderiam comprometer o projecto da linha em fase de construção, como colisões ou inviabilidades a nível funcional de alguns sistemas.

Também foi exemplificado, com alguns conceitos, que a simplicidade de alguns mecanismos ou estruturas resolvem, na sua maioria, questões complexas.

A adopção de uma estratégia para a migração de uma linha de produção passa por um processo de estudo aprofundado, que engloba vários factores. Estes podem ser, entre outros, factores técnicos, funcionais e factores económicos. Na verdade, o factor económico é o que mais influência todo o processo. Deve ser sempre ponderada a relação investimento/benefício, ou seja, se o investimento é realmente viável e se as vantagens pretendidas são suficientes para recuperar o valor desse investimento. Caso contrário, mantém-se o processo no nível de automatização actual. Tal como referido por várias vezes durante o trabalho, eliminar postos de produção com intervenção humana não significa despedir o operador. De facto, constitui uma oportunidade para o próprio operador assumir funções com maior valor acrescentado para a empresa.

5. Bibliografia e Outras Fontes de Informação

5.1. Bibliografia

Abreu, Mário. 1995. *As actividades de I&DT na indústria portuguesa.* O economista. Nº8. Anuário da economia portuguesa, 1995. p. 3.

Anupindi, R., et al. 1998. *Managing Business Process Flows.* EUA : Simon & Schuster Custom Publishing, 1998.

Ashby, Michael. 2010. *Materials Selection in Mechanical Design.* Fourth Edition. Oxford : Elsevier, 2010. Cap. 2, p. 15-29.

Blair, G. Ron, Reynolds, John I. e Weierstall, Mark D. 2008. *Automotive Cushioning Through The Ages* [Em linha]. Setembro 2008 [Consultado em 5 Junho 2014]. Disponível em: www.MoldedFoam-IP.org.

Bloom, J. Z., Lambrechts, I. J. e Roux, N. J. le. 1998. *Distinguishing between capital intensive and labour intensive enterprises listed in the industrial sector of the JSE.* s.l. : Management Dynamics, 7, 39 – 68, 1998.

Brito, Carlos. 1998. *A INSUSTENTÁVEL LEVEZA DO MARKETING.* Porto : FEP, 1998.

Brito, Luis. 2014. *Desenvolvimento de um equipamento dedicado à montagem de componentes para elevação de vidros em automóveis.* ISEP. Porto : s.n., 2014.

Carvalho, Dinis. 2008. *Introdução aos Sistemas de Produção.* UMINHO. 2008.

Crolla, David, [ed.]. 2009. *Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body.* s.l. : Butterworth-Heinemann, 2009. Cap. 17, p. 587-589.

ElMaraghy, Waguih, ElMaraghy, H., Tomiyama, T. e Laszlo, M. 2012. *Complexity in engineering design and manufacturing.* s.l. : Elsevier, 2012.

Felizardo, José Rui. 2004. *Apresentação INTELI: A Industria Automovel em Portugal - Elementos de Reflexão para o futuro.* Lisboa : s.n., 2004.

Groover, Mikell P. 2000. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.* Second Edition. s.l. : Prentice Hall, 2000.

Holweg, Matthias. 2008. *The Evolution of Competition in the Automotive Industry*. Cambridge : Springer, 2008.

Hu, Jack. 2013. *Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization*. USA: Elsevier, 2013.

IBM. 2009. Requirements engineering for the automotive industry. 2009.

INTELI. 2005. *Diagnóstico da Indústria Automóvel em Portugal*. 2005.

Jocou, P. e Lucas, F. 1992. *No Coração da Mudança: A Qualidade Total como Projecto de gestão*. Portugal : Edições CETOP, 1992.

Moniz, António Brandão. 2006. *Competitividade no sector automóvel e formas inovadoras de gestão do emprego em Portugal*. FCT. Lisboa : s.n., 2006.

Morello, L. Rosti Rossini, L. Pia, G. e Tonoli, A. 2011. *The Automotive Body - Volume I: Components Design*. s.l. : Springer, 2011. Cap. 6, p. 560-603.

Oliveira, Nuno. 2009. *A evolução organizacional das empresas nacionais nas cadeias de fornecimento da indústria de componentes para automóvel*. Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto, 2009.

Pernerer, Raimund e Osborne, Ian. 2012. *Handbook Timing Belts: Principles, Calculations, Applications*. s.l. : Springer, 2012.

Porter, Michael. 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. New York : Free Press, 1990.

Reis, Luis. 2001. *Factores Estratégicos de Desenvolvimento da Indústria de Componentes para Automóvel em Portugal - Os Determinantes da Qualidade das Empresas*. Dissertação de Mestrado, IST, Lisboa, 2001.

Rizzo, Esmeralda. 2005. *Uma Análise Comparativa entre o Marketing de Massa e o "One to One" Marketing, no Cenário de Empresas Competitivas*. 2005.

Rizzoni, Giorgio. 2005. *Principles and Applications of Electrical Engineering*. s.l. : McGraw-Hill , 2005. Cap. 1, p. 1-8.

Selada, Catarina and Felizardo, José. 2003. *Da Produção à Conceção: Meio Século de História Automóvel em Portugal*. 2003.

Treville, Suzanne de, D., Shapiro Roy e Hameri, Ari-Pekka. 2004. *From supply chain to demand chain: the role of lead time reduction in improving demand chain performance.* Boston : Elsevier, 2004.

Ulrich, K. and Eppinger, S. 1995. *Product Design and Development.* New York : McGraw-Hill, 1995.

Veloso, Francisco. 1999. *Global Strategies for the Development of the Portuguese Autoparts Industry.* Lisboa : IAPMEI, 1999.

Veloso, Francisco, Chris, Henry e Roth, Richard. 2000. *Can Small Firms Leverage Global Competition? The Portuguese Automotive Supplier Industries.* 2000.

Zagonel, E. 2006. *Implantação do Fluxo Unitário de Peças Numa Célula de Usinagem: Estudo de Caso por Meio de Simulação.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba , 2006.

5.2. Outras fontes de informação

ABB. [Em linha] [Consultado em: 09 Junho 2014.] . Disponível em: <http://www.abb.pt/cawp/seitp202/acceada4114da183c125795e003c25ba.aspx>.

ACAP. [Em linha] [Consultado em: 20 Junho 2014.]. Disponível em: <http://www.acap.pt/pt/home>.

AEP. [Em linha] [Consultado em: 02 Julho 2014.]. Disponível em: <http://www.aeportugal.pt/Inicio.asp?Pagina=/Areas/Qualidade/FerramentasQualidadeNorma16949&Menu=MenuQualidade>.

BROSE. [Em linha] [Consultado em: 10 Junho 2014.]. Disponível em: http://www.karrierebeibrose.de/ww/en/pub/products/adjustment_systems_for_seats/seat_structures.htm.

OICA. [Em linha] [Consultado em: 6 Junho 2014.]. Disponível em: <http://www.oica.net/category/production-statistics/>.

REUTERS. [Em linha] [Consultado em: 14 Agosto 2014.]. Disponível em: <http://www.reuters.com/article/2013/08/05/us-euro-zone-pmi-idUSBRE97407020130805>.

SOLIDWORKS. [Em linha] [Consultado em: 10 Agosto 2014.]. Disponível em: <http://blogs.solidworks.com/teacher/2012/11/new-certification-exam-certified-solidworks-simulation-associate-fea-1.html>.

ANEXO I

Produção de veículos (Dados da OICA)

WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION BY COUNTRY AND TYPE

OICA correspondents survey

ALL VEHICLES	2012	2013	% change
EUROPE	19 826 215	19 726 405	-0,5%
- EUROPEAN UNION 27 countries	16 238 031	16 183 846	-0,3%
- EUROPEAN UNION 15 countries	12 791 171	12 765 526	-0,2%
Double Counts Austria / Germany	0	0	
Double Counts Austria / Japan	0	0	
Double Counts Belgium / Germany	-76 420	-70 100	-8,3%
Double Counts Italy / Germany	-5 400	-5 300	-1,9%
Double Counts Portugal / Japan	-7 071	-6 084	-14,0%
Double Counts Portugal / Spain	0	0	
AUSTRIA	142 682	171 220	+20,0%
BELGIUM	538 308	480 164	-10,8%
FINLAND	2 900	3 330	+14,8%
FRANCE *** AS OF 2011, CARS AND LCV	1 967 765	1 740 000	-11,6%
GERMANY — AS OF 2012, CARS AND LCV	5 649 260	5 718 222	+1,2%
ITALY	671 768	658 207	-2,0%
NETHERLANDS — AS OF 2013, CARS	24 895	0	-100,0%
PORTUGAL	163 566	154 016	-5,8%
SPAIN	1 979 179	2 163 338	+9,3%
SWEDEN (1) *** AS OF 2011, CARS ONLY	162 814	161 080	-1,1%
UNITED KINGDOM	1 576 945	1 597 433	+1,3%
- EUROPEAN UNION New Members	3 446 860	3 418 320	-0,8%
Double Counts Slovakia / Czech republic		0	
Double Counts Slovakia / Germany	0	0	
CZECH REPUBLIC	1 178 995	1 132 931	-3,9%
HUNGARY	217 840	222 400	+2,1%
POLAND	654 756	583 258	-10,9%
ROMANIA	337 765	410 997	+21,7%
SLOVAKIA	926 555	975 000	+5,2%
SLOVENIA	130 949	93 734	-28,4%
- OTHER EUROPE	2 515 206	2 417 025	-3,9%
SERBIA	11 032	10 905	-1,2%
CIS	2 504 174	2 406 120	-3,9%
Double Counts Ukraine / World	0	0	
RUSSIA	2 233 103	2 175 311	-2,6%
BELARUS	30 610	25 600	-16,4%
UKRAINE	76 281	50 449	-33,9%
UZBEKISTAN	164 180	154 760	-5,7%
TURKEY	1 072 978	1 125 534	+4,9%
AMERICA	20 086 458	21 136 313	+5,2%
- NAFTA	15 797 804	16 478 103	+4,3%
CANADA	2 463 364	2 379 806	-3,4%
MEXICO	3 001 814	3 052 395	+1,7%
USA	10 332 626	11 045 902	+6,9%

- SOUTH AMERICA	4 288 654	4 658 210	+8,6%
<i>Double counts Venezuela / world</i>	<i>-77 440</i>	<i>-44 190</i>	<i>-42,9%</i>
ARGENTINA	764 495	791 007	+3,5%
BRAZIL	3 402 508	3 740 418	+9,9%
CHILE	0	0	
COLOMBIA	70 686	74 900	+6,0%
ECUADOR	24 322	24 322	
PERU	0	0	
URUGUAY	0	0	
VENEZUELA	104 083	71 753	-31,1%
ASIA-OCEANIA	43 709 131	45 800 878	+4,8%
<i>Double Counts Asia / world</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
<i>Double Counts China / world</i>	<i>-127 610</i>	<i>-148 710</i>	<i>+16,5%</i>
<i>Double Counts Thailand / world</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
AUSTRALIA	226 502	215 926	-4,7%
CHINA	19 271 808	22 116 825	+14,8%
INDIA	4 174 713	3 880 938	-7,0%
INDONESIA	1 065 557	1 208 211	+13,4%
IRAN	1 000 089	743 680	-25,6%
JAPAN	9 943 077	9 630 070	-3,1%
MALAYSIA	569 620	601 407	+5,6%
PAKISTAN	159 599	142 145	-10,9%
PHILIPPINES	55 360	52 260	-5,6%
SOUTH KOREA	4 561 766	4 521 429	-0,9%
TAIWAN	339 038	338 720	-0,1%
THAILAND	2 429 142	2 457 057	+1,1%
VIETNAM	40 470	40 920	+1,1%
AFRICA	586 396	636 519	+8,5%
<i>Double Counts Egypt / world</i>	<i>-17 800</i>	<i>-12 210</i>	<i>-31,4%</i>
<i>Double Counts South Africa / world</i>	<i>-106 220</i>	<i>-109 455</i>	<i>+3,0%</i>
BOTSWANA	0	0	
EGYPT	56 480	39 050	-30,9%
KENYA	3 080	3 080	
LIBYA	0	0	
MOROCCO	108 743	167 452	+54,0%
NIGERIA	0	0	
SOUTH AFRICA	539 424	545 913	+1,2%
SUDAN	0	0	
TUNISIA	1 860	1 860	
ZIMBABWE	829	829	
OTHERS	0	0	
TOTAL	84 208 200	87 300 115	+3,7%

(1) Official figures take account of Swedish manufacturers world production; in this report, we only use the vehicles produced in Sweden, and the vehicles for which Volvo Trucks does not specify the country of production.

Estimate

As of 2011, some EU countries do not give HCV and heavy buses figures anymore.

WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION BY COUNTRY AND TYPE

OICA correspondents survey

CARS	2012	2013	% change
EUROPE	17 403 987	17 356 124	-0,3%
- EUROPEAN UNION 27 countries	14 631 710	14 613 286	-0,1%
- EUROPEAN UNION 15 countries	11 324 878	11 314 459	-0,1%
<i>Double Counts Austria / Germany</i>			
<i>Double Counts Austria / Japan</i>			
<i>Double Counts Belgium / Germany</i>	-76 420	-70 100	-8,3%
<i>Double Counts Italy / Germany</i>	-5 400	-5 300	-1,9%
<i>Double Counts Portugal / Japan</i>			
<i>Double Counts Portugal / Spain</i>			
AUSTRIA	123 602	148 320	+20,0%
BELGIUM	504 076	449 600	-10,8%
FINLAND	2 900	3 330	+14,8%
FRANCE	1 682 814	1 460 000	-13,2%
GERMANY	5 388 459	5 439 904	+1,0%
ITALY	396 817	388 465	-2,1%
NETHERLANDS	24 895	0	-100,0%
PORTUGAL	115 735	109 698	-5,2%
SPAIN	1 539 680	1 719 700	+11,7%
SWEDEN (1)	162 814	161 080	-1,1%
UNITED KINGDOM	1 464 908	1 509 762	+3,1%
- EUROPEAN UNION New Members	3 306 832	3 298 827	-0,2%
<i>Double Counts Slovakia / Czech republic</i>			
<i>Double Counts Slovakia / Germany</i>			
CZECH REPUBLIC	1 171 774	1 128 473	-3,7%
HUNGARY	215 440	220 000	+2,1%
POLAND	539 671	475 000	-12,0%
ROMANIA	326 556	410 959	+25,8%
SLOVAKIA	926 555	975 000	+5,2%
SLOVENIA	126 836	89 395	-29,5%
- OTHER EUROPE	2 194 981	2 109 234	-3,9%
SERBIA	10 227	10 100	-1,2%
CIS	2 184 754	2 099 134	-3,9%
<i>Double Counts Ukraine / World</i>			
RUSSIA	1 970 087	1 919 636	-2,6%
BELARUS			
UKRAINE	69 687	45 758	-34,3%
UZBEKISTAN	144 980	133 740	-7,8%
TURKEY	577 296	633 604	+9,8%
AMERICA	10 124 903	10 424 280	+3,0%
- NAFTA	6 956 179	7 084 136	+1,8%
CANADA	1 040 298	965 191	-7,2%
MEXICO	1 810 007	1 771 987	-2,1%
USA	4 105 874	4 346 958	+5,9%

- SOUTH AMERICA	3 168 724	3 340 144	+5,4%
<i>Double counts Venezuela / World</i>	<i>-55 800</i>	<i>-29 590</i>	<i>-47,0%</i>
ARGENTINA	497 376	506 539	+1,8%
BRAZIL	2 589 236	2 742 309	+5,9%
CHILE			
COLOMBIA	70 686	74 900	+6,0%
ECUADOR			
PERU			
URUGUAY			
VENEZUELA	67 226	45 986	-31,6%
ASIA-OCEANIA	35 159 735	37 243 294	+5,9%
<i>Double Counts Asia / world</i>			
<i>Double Counts China / world</i>	<i>-127 610</i>	<i>-148 710</i>	<i>+16,5%</i>
<i>Double Counts Thailand / world</i>			
AUSTRALIA	189 949	185 427	-2,4%
CHINA	15 523 658	18 085 213	+16,5%
INDIA	3 296 240	3 138 988	-4,8%
INDONESIA	743 501	925 111	+24,4%
IRAN	856 927	630 639	-26,4%
JAPAN	8 554 503	8 189 323	-4,3%
MALAYSIA	509 621	543 892	+6,7%
PAKISTAN	137 424	121 234	-11,8%
PHILIPPINES	46 390	48 560	+4,7%
SOUTH KOREA	4 167 089	4 122 604	-1,1%
TAIWAN	278 043	291 037	+4,7%
THAILAND	945 100	1 071 076	+13,3%
VIETNAM	38 900	38 900	
AFRICA	381 377	409 589	+7,4%
<i>Double Counts Egypt / world</i>	<i>-11 660</i>	<i>-8 110</i>	<i>-30,4%</i>
<i>Double Counts South Africa / world</i>	<i>-22 080</i>	<i>-20 050</i>	<i>-9,2%</i>
BOTSWANA			
EGYPT	36 880	25 650	-30,5%
KENYA			
LIBYA			
MOROCCO	103 364	146 842	+42,1%
NIGERIA			
SOUTH AFRICA	274 873	265 257	-3,5%
SUDAN			
TUNISIA			
ZIMBABWE			
OTHERS			
TOTAL	63 070 002	65 433 287	+3,7%

(1) Official figures take account of Swedish manufacturers world production; in this report, we only use the vehicles produced in Sweden, and the vehicles for which Volvo Trucks does not specify the country of production..

Estimate

WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION BY COUNTRY AND TYPE

OICA correspondents survey

LIGHT COMMERCIAL VEHICLES	2012	2013	% change
EUROPE	2 079 384	2 066 674	-0,6%
- EUROPEAN UNION 27 countries	1 443 228	1 429 748	-0,9%
- EUROPEAN UNION 16 countries	1 314 362	1 321 354	+0,5%
Double Counts Austria / Germany			
Double Counts Austria / Japan			
Double Counts Belgium / Germany			
Double Counts Italy / Germany			
Double Counts Portugal / Japan	-3 076	-2 699	-12,3%
Double Counts Portugal / Spain			
AUSTRIA			
BELGIUM			
FINLAND			
FRANCE	284 951	280 000	-1,7%
GERMANY	260 801	278 318	+6,7%
ITALY	241 186	236 040	-2,1%
NETHERLANDS			
PORTUGAL	43 831	40 918	-6,6%
SPAIN	392 624	419 954	+7,0%
SWEDEN			
UNITED KINGDOM	94 045	68 823	-26,8%
- EUROPEAN UNION New Members	128 866	108 394	-15,9%
Double Counts Slovakia / Czech republic			
Double Counts Slovakia / Germany			
CZECH REPUBLIC	2 493		-100,0%
HUNGARY			
POLAND (LCV AND HCV)	111 073	104 055	-6,3%
ROMANIA	11 187		-100,0%
SLOVAKIA			
SLOVENIA	4 113	4 339	+5,5%
- OTHER EUROPE	180 188	188 620	+4,7%
SERBIA	555	555	
CIS	179 633	188 065	+4,7%
Double Counts Ukraine / World			
RUSSIA	158 353	166 175	+4,9%
BELARUS			
UKRAINE	2 080	870	-58,2%
UZBEKISTAN	19 200	21 020	+9,5%
TURKEY	455 968	448 306	-1,7%
AMERICA	9 335 179	10 033 929	+7,5%
- NAFTA	8 424 536	8 990 685	+6,7%
CANADA	1 413 766	1 404 770	-0,6%
MEXICO	1 051 962	1 138 950	+8,3%
USA	5 958 808	6 446 965	+8,2%

- SOUTH AMERICA	910 643	1 043 244	+14,6%
Double counts Venezuela / World	-21 640	-14 600	-32,5%
ARGENTINA	246 087	257 622	+4,7%
BRAZIL	643 689	767 694	+19,3%
CHILE			
COLOMBIA			
ECUADOR	8 948	8 948	
PERU			
URUGUAY			
VENEZUELA	33 559	23 580	-29,7%
ASIA-OCEANIA	5 480 444	5 436 715	-0,8%
Double Counts Asia / world			
Double Counts China / world			
Double Counts Thailand / world			
AUSTRALIA	31 275	25 111	-19,7%
CHINA	1 874 738	1 976 279	+5,4%
INDIA	553 048	515 708	-6,8%
INDONESIA	169 747	141 651	-16,6%
IRAN	121 859	105 150	-13,7%
JAPAN	794 820	851 091	+7,1%
MALAYSIA	54 216	52 039	-4,0%
PAKISTAN	19 180	18 246	-4,9%
PHILIPPINES			
SOUTH KOREA (1)	359 010	362 785	+1,1%
TAIWAN	53 943	44 772	-17,0%
THAILAND	1 448 608	1 343 883	-7,2%
VIETNAM			
AFRICA	174 879	197 422	+12,9%
Double Counts Egypt / world	-6 140	-4 100	-33,2%
Double Counts South Africa / world	-73 400	-77 350	+5,4%
BOTSWANA			
EGYPT	10 610	7 040	-33,6%
KENYA			
LIBYA			
MOROCCO	5 379	20 610	+283,2%
NIGERIA			
SOUTH AFRICA	235 741	248 533	+5,4%
SUDAN			
TUNISIA	1 860	1 860	
ZIMBABWE	829	829	
OTHERS			
TOTAL	17 069 886	17 734 740	+3,9%

(1) Distribution of commercial vehicles is derived from KAMA's OICA exchange files.

Estimate

ANEXO II

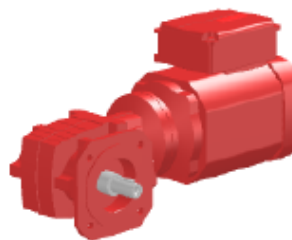
Datasheet do motor seleccionado

Product information

SEW
EURODRIVE

AC motoreductor

WF37DRE80M4/EI71



Velocidade nominal do motor	[1/min] : 1435
Velocidade de saída	[1/min] : 76
Relação de Transmissão média	: 18,94
Torque saída	[Nm] : 81
Fator de serviço SEW-FB	: 1,10
Entrada posição de montagem	: M1A
Posição da caixa de terminais	[°] : 270
Posição da entrada de cabos/conector	: 2
Eixo de saída	[mm] : 20x40
Carga radial máxima permitida para n=1400	[N] : 3720
Lubricant quantity 1st gear unit	[Litro] : 0,5
Diâmetro do flange	[mm] : 160
Potência do motor	[kW] : 0,75
Fator de duração	: S1-100%
Classe de eficiência	: IE2
Eficiência(50/75/100% Pn)	[%] : 79,2 / 81,3 / 81
Certificado CE	: Sim
Tensão do motor	[V] : 230/400
Esquema de ligações	: R13
Frequência	[Hz] : 50
Corrente nominal	[A] : 2,9 / 1,68
Cos Phi	: 0,79
Classe de temperatura	: 155(F)
Tipo de protecção	: IP55
Requer Design	: IEC
Peso Líquido	[Kg] : 19

Funções Adicionais e Opções:

Eixo de saída: 20x40 mm
 Classe de temperatura 155(F)
 EI71 - encoder (Klemmenleiste)
 Protecção IP 55 - motor padrão

The technical data are subject to a final technical inspection.
 This inspection is made upon the creation of a quotation/an offer.
 You can find the exact net weight on the order confirmation. For technical reasons, the real weight may differ from this information.
 Created on: 2014-10-01 21:46:17 / Walter Araújo / ISEP
 DC Version 2.15 8P1