

Definição de Linha Flexível de Montagem de Cadeiras de Bebê

Mário Alberto Almeida dos Reis

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2017-06-26

À minha família e amigos

Resumo

De forma a corresponder às necessidades e exigências dos seus clientes, a empresa na qual foi realizada a presente dissertação que se dedica à montagem de cadeiras de bebê para automóveis, tem apostado na constante incorporação de produtos inovadores na sua gama de montagem. No setor produtivo, esta aposta traduz-se em casos como o presente projeto, onde especificamente se procura definir uma nova linha que permita a montagem de um modelo inovador designado por cadeira de bebê *iZi Flex*, mas que seja flexível à montagem de outros modelos de cadeiras de bebê, cuja produção já é realizada na empresa. Para o novo modelo procura-se estudar a aplicabilidade da linha para a taxa de produção objetivo de 25 cadeiras por hora e para o caso de se fixar 9 operadores na linha, número tradicionalmente usado para a montagem de outros modelos já efetuados.

Numa fase inicial foi realizado um estudo do funcionamento do processo produtivo da empresa através da observação do *gemba*, e uma análise das operações pré-definidas para a montagem da cadeira *iZi Flex*. Desta investigação resultou a questão central do presente projeto: o setor produtivo da empresa encontra-se adaptado a realizar a montagem de equipamentos através do *layout* em forma de linha, mas o sequenciamento de operações do novo modelo de cadeiras de bebê segue um fluxo em forma de Y, onde dois produtos intermédios convergem num só, convergência esta que é inadequada num fluxo em forma de linha.

Após uma análise comparativa entre vários *layouts* possíveis para aplicação ao caso em estudo, selecionou-se um *layout* com a forma de duas linhas paralelas que permite responder simultaneamente à necessidade de um fluxo convergente da montagem da cadeira *iZi Flex* bem como adaptar-se à montagem dos modelos anteriores através de um fluxo em U.

De forma a sustentar a projeção do novo formato foi desenhado o bordo de linha respetivo, visando responder à necessidade de abastecimento de todos os componentes das cadeiras que se considera montar na linha, não esquecendo as considerações ergonómicas e tendo como objetivo a otimização da produtividade da mesma linha.

O objetivo de se criar uma linha que permite alocar a montagem de dois modelos distintos de cadeiras de bebê e que permite a montagem do novo modelo nas duas situações requeridas ficou cumprido. A principal vantagem do novo formato projetado em relação a qualquer formato cujo *layout* siga um fluxo em forma de linha é a de permitir a maior flexibilidade no balanceamento das operações, conseguida através da maior proximidade entre os postos de trabalho das duas linhas. Após a análise aos efeitos benéficos do novo formato no balanceamento das operações, nas movimentações dos operadores e no tempo de *setup* na mudança de modelo de cadeira a produzir na linha, concluiu-se que, em comparação com o *layout* em linha do formato inicial usado na produção piloto, os ganhos comparativos do novo formato possibilitam a recuperação do seu investimento em menos de dois anos.

Pelo que o *layout* considerado pela administração para uma eventual implementação pode representar um modelo instrutivo e lucrativo a seguir tanto para o caso atual como para futuros projetos.

Planning a flexible baby seat assembly line

Abstract

In order to meet the needs and requirements of its customers, the company where the present dissertation was done, which is dedicated to the assembly of baby seats for automobiles, has promoted a constant incorporation of innovative products in its assembly range. In the productive sector, it can be applied to cases like the present project, where the goal is to plan a new assembly line, which could be applied to the production of an innovative baby seat model named as iZi Flex, and to baby seat models already produced in the company. For the new model, it is sought to study the applicability of the line to the objective production rate of 25 baby seats per hour and for the case of fixing 9 operators in the line, number traditionally used for the assembly of other models made in the company.

In an early phase of the project, the company's production process was study through *gemba's* observation and the predefined iZi Flex assembly operations was analysed. From this research it was identified the central issue of the project: the productive sector of the company is adjusted to working with line layout while the operation sequence of the new baby seat model follow a Y-shaped flow, where two intermediate products converge into one.

After a comparative analysis between several possible layouts to apply to the studied case, it was selected a layout with a shape of two parallel lines that simultaneously meet the need of a convergent flow of the iZi Flex assembly and could be adapted to the assembly of the previous models through an U-shaped flow.

In order to support the planning of the new assembly format, it was drawn the respective border, aiming to meet the need of supply of all the components of the baby seats that are considered to be produced in the line, without forgetting the ergonomic considerations and seeking to optimize the productivity of the line.

The objective of creating a line that allows the assembly of two different models of baby seats and that allows the assembly of the new model in the two required situations was fulfilled. The main improvement of the new format comparatively to a format that uses line layout is to promote the operator's mutual help and the flexibility in line balancing, achieved by the greater proximity between the operators that are inside the two lines. After the analysis to the beneficial effects of the new format at the line balancing, at the movements of the operators and at the setup time to change the model of the baby seat to produce in the line, it was concluded that, compared to the line layout of the initial format used in pilot production, the new format's comparative gains allow recovering its investment in less than two years.

Therefore, the layout considered by the administration for an eventual implementation may represent an instructive and profitable model to follow for both the current case and future projects.

Agradecimentos

À engenheira Ana Sousa, orientadora do projeto na empresa, pela formação, apoio, dedicação e confiança transmitida durante o decorrer do projeto.

Ao engenheiro Renato Leitão pelo sua contribuição e acompanhamento no desenvolvimento do projeto e pela sua constante disponibilidade na partilha de conhecimentos.

A todos os colegas do departamento de logística e elementos do setor da montagem por se mostrarem sempre disponíveis a ajudar.

A todos os elementos do departamento de engenharia pela sua contribuição no meu desenvolvimento profissional.

Ao administrador Sr. Pedro Araújo, elementos do departamento de recursos humanos e restantes colaboradores da Polisport Plásticos S.A. pela sua hospitalidade.

Ao engenheiro Paulo Osswald, orientador do projeto pela parte da FEUP, pelos seus sábios conselhos e pela sua rapidez no esclarecimento das dúvidas existentes.

A todos os meus colegas de curso não só pelo apoio profissional mas também pelo companheirismo incessante.

A toda a minha família, em especial aos meus pais e irmão pelo seu apoio incondicional.

A todos os que contribuíram para a criação e desenvolvimento deste projeto, o meu sincero Muito Obrigado!

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Apresentação da empresa	1
1.2.1	A empresa Polisport Plásticos S.A.	1
1.2.2	O Grupo Polisport	2
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento teórico	5
2.1	O pensamento <i>lean</i>	5
2.1.1	Origem	5
2.1.2	Princípios do <i>lean thinking</i>	5
2.1.3	Os três M	6
2.2	Kaizen	8
2.2.1	Gemba	8
2.2.2	Foco nas pessoas.....	8
2.2.3	Ciclo PDCA.....	9
2.2.4	Resistência à mudança.....	9
2.2.5	Modelo TFM.....	10
2.2.6	<i>Layout</i> e desenho de linha.....	10
2.2.7	Balanceamento.....	11
2.2.8	Bordo de linha.....	12
2.2.9	Standard work.....	13
2.2.10	SMED	14
2.2.11	Automação <i>low-cost</i>	14
2.3	FMEA	14
2.4	Representações esquemáticas	15
2.4.1	Diagrama de sequências operatórias	15
2.4.2	Diagrama de esparguete	15
2.4.3	Matriz de responsabilidades	15
3	Situação inicial	16
3.1	Mapeamento do processo produtivo da Polisport Plásticos S.A.	16
3.1.1	Receção e armazenamento de componentes	16
3.1.2	Abastecimento às linhas de montagem	17
3.1.3	Montagem.....	18
3.1.4	Expedição	19
3.2	Planeamento e gestão	19
3.3	<i>Layout</i> do setor da produção.....	19
3.4	A cadeira <i>iZi Flex</i>	20
3.5	Análise da linha 2 na montagem da cadeira <i>iZi Plus</i>	23
3.6	Identificação geral de potenciais problemas	25
3.6.1	No armazenamento de componentes	25
3.6.2	No abastecimento.....	26
3.6.3	Na montagem	27
3.6.4	Na expedição.....	27
4	Desenvolvimento do projeto e apresentação da proposta de melhoria.....	28
4.1	FMEA da cadeira <i>iZi Flex</i>	28
4.2	Produção piloto	28
4.2.1	Divisão de tarefas	28

4.2.2	Instrução aos operadores	29
4.2.3	<i>Layout</i> em forma de linha	29
4.3	Necessidade de ferramentas e alterações de componentes.....	32
4.4	Proposta do novo formato	32
4.4.1	Cálculo do número de postos de trabalho	32
4.4.2	Diagrama de sequências operatórias	33
4.4.3	Soluções possíveis para o <i>layout</i> e respetivo balanceamento.....	33
4.4.4	Seleção do <i>layout</i> a propor	38
4.4.5	Dimensionamento do bordo de linha	41
4.4.6	Documentação do modo de utilização da linha para o modelo <i>iZi Flex</i>	44
4.4.7	Adaptação da linha à montagem do modelo <i>iZi Plus</i>	44
4.4.8	Resultados esperados com a implementação do novo formato	45
4.5	Outras propostas de melhoria gerais	47
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	48
5.1	Conclusão	48
5.2	Trabalhos futuros	50
	Referências	51
ANEXO A:	Organograma do Grupo Polisport	53
ANEXO B:	Instalações do Grupo Polisport	54
ANEXO C:	Produtos do Grupo Polisport	55
ANEXO D:	Cronograma das tarefas planeadas	56
ANEXO E:	Tempo dos movimentos do corpo definidos pela Polisport Plásticos S.A.	57
ANEXO F:	Lista de componentes da cadeira <i>iZi Flex</i>	58
ANEXO G:	Instruções de montagem da cadeira <i>iZi Flex</i>	60
ANEXO H:	FMEA da cadeira <i>iZi Flex</i>	63
ANEXO I:	Análise de tempos por operação da montagem individual da cadeira <i>iZi Flex</i>	67
ANEXO J:	Dimensionamento do bordo de linha da produção piloto	68
ANEXO K:	Análise de tempos por operação da produção piloto	69
ANEXO L:	Quadro das precedências da cadeira <i>iZi Flex</i>	70
ANEXO M:	Método RPW para o <i>layout</i> em forma de linha (com montagem simultânea da base e encosto).....	71
ANEXO N:	Explicação do cálculo da massa do conjunto na situação extrema nas caixas-gaveta 72	
ANEXO O:	Dimensionamento do bordo de linha proposto.....	73
ANEXO P:	Diagramas de esparguete teóricos da cadeira <i>iZi Flex</i> no novo formato.....	74
ANEXO Q:	Matriz de responsabilidade do modo de montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> na nova linha, no caso da taxa de produção de 25	75
ANEXO R:	Diagrama de esparguete teórico da cadeira <i>iZi Plus</i> no novo formato	76
ANEXO S:	Cálculos dos ganhos com o novo formato	77
ANEXO T:	Matriz de responsabilidade do modo de montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> na nova linha, no caso de 9 postos de trabalho	79
ANEXO U:	Propostas de melhoria para os potenciais problemas gerais.....	80
ANEXO V:	Parte de trás do encosto da cadeira <i>iZi Flex</i>	82

Glossário

5S: Programa constituído por 5 fases com o qual se procura melhorar a organização das áreas de trabalho.

Amostragem: Processo que consiste na seleção de um grupo de indivíduos (amostra) de uma população para a realização de testes ou estatísticas, assegurando que os resultados obtidos com o estudo podem ser generalizados, com uma margem de erro especificada, para a população alvo.

Blocking: Situação em que um setor ou posto de trabalho tem de parar o seu funcionamento porque não tem espaço para colocar o produto produzido ou montado.

Bottleneck: Setor ou posto de trabalho que limita a taxa de produção da linha pois apresenta o maior tempo de ciclo. Na língua portuguesa é definido por “gargalo”.

Buffer: Área de armazenamento entre postos de trabalho e que permite que estes trabalhem independentemente.

EPS: “*Expanded polystyrene*”, ou poliestireno expandido na língua portuguesa, é um material plástico leve e com elevada capacidade de isolamento térmico. Também é conhecido por esferovite.

HTS: “Hans Torgersen & Sønn AS”, empresa norueguesa dedicada à investigação e desenvolvimento de produtos de segurança.

KTM: “Kronreif Trunkenpolz Mattighofen”, empresa austríaca dedicada ao fabrico de motos.

OF: “Ordem de fabrico”, documento que inicia um processo de produção, contendo as especificações como quantidades e datas para a produção de um determinado equipamento.

PA: “*Polyamide*”, ou poliamida na língua portuguesa, é um tipo de material plástico com elevada versatilidade, com grande resistência ao desgaste e à tração. Também designado por *nylon*.

PA GF: “*Polyamide glass filled*” tipo de poliamida à qual foi adicionada partículas de vidro de forma a aumentar a sua resistência a altas temperaturas.

PP: “*Polypropylene*”, ou polipropileno na língua portuguesa, é um material plástico versátil e de elevada resistência a altas temperaturas apropriado à moldação.

Setup time: Tempo usado em atividades de preparação de um local ou de uma máquina para a realização de uma dada tarefa.

SKU: “*Stock keeping unit*”, referência que designa cada item de acordo com as suas características (tamanho, cor, forma). Se duas unidades têm o mesmo SKU então são teoricamente indistinguíveis.

Stacker: Empilhador conduzido por uma pessoa que se move em pé.

Sticker: Pequeno pedaço de papel com propriedades adesivas.

Stock: Mercadorias, componentes, produtos armazenados e que se encontram em condições de ser utilizados, vendidos, trocados ou exportados.

Tempo de ciclo: Tempo decorrido entre o início e o fim de uma tarefa num posto de trabalho.

Throughput time: Tempo que um produto demora a atravessar a linha.

TMC: “Toyota Motor Corporation”, empresa japonesa dedicada ao fabrico de automóveis.

TMU: “*Time measurement unit*”, medida de tempo *standard* para os movimentos. 1 TMU equivale a 0,36 segundos.

TPE: “*Thermoplastic elastomer*”, ou elastómero termoplástico na língua portuguesa, é um material plástico com propriedades muito semelhantes à borracha tradicional.

TPS: “*Toyota production system*”, sistema de produção desenvolvido pela Toyota e que serviu de base à criação do pensamento *lean*.

WIP: “*Work in process*”, material que se encontra em curso de fabrico.

Índice de Figuras

Figura 1 – Caso exemplificativo de <i>muda, muri e mura</i> (Adaptado de: LEI n.d.).....	8
Figura 2 – (Christoph Roser. 2016. “PDCA Circle Sequence”. <i>The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act!</i> Licença livre CC-BY-SA 4.0. Acedido a 11 de Abril de 2017. http://www.allaboutlean.com/pdca .).....	9
Figura 3 – Tipos de configuração de linha (Courtois 2006).....	11
Figura 4 – Exemplo de um gráfico <i>yamazumi</i>	12
Figura 5 – Padronização de contentores (Coimbra 2013).	13
Figura 6 – Exemplificação do diagrama de sequências operatórias.....	15
Figura 7 – Mapa das fases do processo produtivo da Polisport Plásticos S.A.	16
Figura 8 – Armazém para componentes de cadeiras de bebé para automóveis.	17
Figura 9 – Armazém para componentes de bicicletas e motos.....	17
Figura 10 – <i>Mizusumashi</i>	17
Figura 11 – Porta-paletes.....	17
Figura 12 – <i>Stacker</i>	17
Figura 13 – <i>Rack</i> do bordo de linha.....	18
Figura 14 – Calhas de rolos dos <i>racks</i> do bordo de linha.....	18
Figura 15 – Linhas de montagem da Polisport Plásticos S.A.....	19
Figura 16 – Ambiente de trabalho do <i>Mattec Mes</i>	19
Figura 17 – <i>Layout</i> do setor da produção.	20
Figura 18 – Cadeira <i>iZi Flex</i> vista de lado.....	20
Figura 19 – Cadeira <i>iZi Flex</i> vista de frente.	20
Figura 20 – Sequência das fases de montagem e embalagem da <i>iZi Flex</i>	21
Figura 21 – <i>Isofix</i> em formato de U.....	22
Figura 22 – (Adaptado de: Bébéconfort. <i>ISOFIX versus cintos de segurança: Qual é a cadeira auto mais adequada?</i> Acedido a 18 de Abril de 2013. http://www.bebeconfort.com).....	22
Figura 23 – Botão de desprendimento do <i>isofix</i> do banco do automóvel.	22
Figura 24 – Deslocamento do assento.	22
Figura 25 – Movimento do <i>isofix</i> sobre a parte inferior da base da cadeira.....	22
Figura 26 – Base da cadeira com o <i>isofix</i> recolhido.	22
Figura 27 – Manípulo de elevação do encosto de cabeça.....	23
Figura 28 – Encosto totalmente inclinado para trás.	23
Figura 29 – Encosto totalmente inclinado para a frente.	23
Figura 30 – Esquema da configuração da linha 2 na montagem da cadeira <i>iZi Plus</i>	24
Figura 31 – Gráfico de barras dos tempos da montagem da cadeira <i>iZi Plus</i>	25
Figura 32 – Gráfico circular das proporções de tempo na linha na montagem da cadeira <i>iZi Plus</i>	25

Figura 33 – Armazenamento de <i>stocks</i>	25
Figura 34 – Armazenamento de <i>stocks</i>	25
Figura 35 – Palete danificada.	26
Figura 36 – Porta-paletes parado no circuito do <i>mizusumashi</i>	26
Figura 37 – Mesa de apoio ao trabalho colocada no circuito do <i>mizusumashi</i>	26
Figura 38 – <i>Racks</i> usados no abastecimento posterior da linha de montagem.....	27
Figura 39 – Ferramentas e bens materiais usados na montagem.....	27
Figura 40 – Ferramentas e bens materiais usados na montagem.....	27
Figura 41 – Distribuição das operações para a produção piloto da cadeira <i>iZi Flex</i> com os tempos da análise individual.....	29
Figura 42 – Esquema da configuração da linha 2 na montagem da cadeira <i>iZi Flex</i>	30
Figura 43 – Tapete rolante a movimentar cinco bases da cadeira <i>iZi Flex</i>	30
Figura 44 – Caixa de embalagem das partes de trás do encosto.	30
Figura 45 – Botão no encosto de cabeça.	31
Figura 46 – Alicates de ilhós usado na montagem.....	31
Figura 47 – Montagem da peça de fricção no encosto.	31
Figura 48 – Gráfico de barras dos tempos da montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> em cada posto na produção piloto.	31
Figura 49 – Gráfico circular das proporções de tempo na linha na montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> na produção piloto.	31
Figura 50 – Diagrama de sequências operatórias para as fases de montagem da cadeira <i>iZi Flex</i>	33
Figura 51 – Diagrama de sequências operatórias para as operações de montagem da cadeira <i>iZi Flex</i>	33
Figura 52 – <i>Layout</i> em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto.	34
Figura 53 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> para a configuração em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto.	34
Figura 54 – <i>Layout</i> em forma de Y (A adjacente a D, E e G).	35
Figura 55 – <i>Layout</i> em forma de Y (B e C adjacentes a D, E e G).	35
Figura 56 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> para a configuração em forma de Y (A adjacente a D, E e G).....	36
Figura 57 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> para a configuração em forma de Y (B e C adjacentes a D, E e G).	36
Figura 58 – Forma de junção dos conjuntos base e encosto no <i>layout</i> em forma de Y.....	36
Figura 59 – <i>Layout</i> em forma de Y sem mesas unidas.	37
Figura 60 – <i>Layout</i> em forma de Y com mesas unidas.	37
Figura 61 – <i>Layout</i> em duas linhas paralelas.....	38
Figura 62 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> para a configuração em forma de duas linhas paralelas.	38

Figura 63 – Movimentações significativas do fluxo em forma de duplo U.	39
Figura 64 – Movimentações significativas do fluxo em forma de H.	40
Figura 65 – Balanceamentos do formato em duas linhas paralelas para o caso dos tempos atuais e para o caso de se considerar uma melhoria global de 30% nos tempos das operações.	40
Figura 66 – Pormenor da forma de abastecimento aos operadores dos componentes aba do assento e conjunto pré-montado do manípulo reclinado. Os veios dos <i>racks</i> encontram-se adaptados ao formato e dimensionamento dos componentes que suportam.	43
Figura 67 – Pormenor da diferença entre a profundidade da mesa e do andar de abastecimento para as situações em que o abastecimento é feito abaixo da mesa.	44
Figura 68 – <i>Layout</i> em duas linhas paralelas aplicado à montagem da cadeira <i>iZi Plus</i>	44
Figura 69 – Balanceamento do formato inicial, fixando a taxa de produção mínima em 25 cad/h.	46
Figura 70 – Balanceamento do novo formato, seguindo o fluxo em forma de duplo U e fixando a taxa de produção mínima em 25 cad/h.	46
Figura 71 – Balanceamento do formato inicial, fixando o número de postos de trabalho em 9.	47
Figura 72 – Balanceamento do novo formato, seguindo o fluxo em duplo U e fixando o número de postos de trabalho em 9.	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Pilares do modelo TFM (Adaptado de: Coimbra 2013).	10
Tabela 2 – Fases da montagem da cadeira <i>iZi Flex</i> e respetiva codificação.	21
Tabela 3 – Tempos da análise da montagem da cadeira <i>iZi Plus</i>	24
Tabela 4 – Cargas máximas das paletes de madeira de dimensões da base 1,2 m por 0,8 m...26	
Tabela 5 – Tempos da análise da produção piloto dispostos por postos.	30
Tabela 6 – Contabilização dos movimentos significativos do fluxo em duplo U.	39
Tabela 7 – Contabilização dos movimentos significativos do fluxo em forma de H.	40
Tabela 8 – Número de postos de trabalho necessários no formato em duas linhas paralelas para o caso dos tempos atuais e para o caso de se considerar uma melhoria global de 30% nos tempos das operações.	41
Tabela 9 – Dimensionamento das caixas empilháveis de norma europeia (Manutan 2017)...42	
Tabela 10 – Dimensionamento das caixas-gaveta da série RK (Manutan 2017).	42
Tabela 11 – Redução de tempos devidos ao bordo de linha adaptado aos componentes.	43
Tabela 12 – <i>Throughput time</i> e <i>setup time</i> do formato inicial e do novo formato.	46

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Empresas como a que acompanhou a presente dissertação, cuja atividade se centra na montagem de produtos, apresentam uma elevada necessidade em apostar na grande diversidade de produtos a ser montados e na recorrente introdução de novos planos de produção nas linhas de montagem, o que torna essencial a gestão eficaz dos processos para que a produtividade da empresa não seja comprometida. No caso da presente dissertação o problema central corresponde à introdução da produção de um novo modelo de cadeiras de bebê para automóveis cujos componentes e procedimentos de produção são significativamente diferentes em relação aos outros modelos de cadeiras de bebê já produzidas na empresa. É neste contexto que foi elaborado o presente projeto que decorreu no departamento de logística na empresa Polisport Plásticos S.A., em Carregosa.

O departamento de logística da Polisport Plásticos S.A. é responsável por planear, implementar e controlar eficazmente o fluxo e armazenamento de produtos e componentes, tal como os sistemas de informação associados, a fim de garantir que os produtos são entregues sem atrasos e nas quantidades mais adequadas, satisfazendo as necessidades e expectativas dos consumidores, sem nunca esquecer a coordenação de todos estes objetivos com a procura da minimização de custos.

1.2 Apresentação da empresa

1.2.1 A empresa Polisport Plásticos S.A.

A empresa Polisport Plásticos S.A. dedica-se ao projeto, desenvolvimento e montagem de peças plásticas essencialmente para veículos de duas rodas, sendo atualmente o maior fabricante português de acessórios plásticos para bicicletas e motociclos e líder europeu na produção de porta-bebés, sendo ainda de referir que foi o primeiro fabricante em Portugal a produzir e comercializar guarda-lamas para motos.

A obtenção das peças plásticas é feita a partir do contato com vários fornecedores no qual a Polisport Plásticos S.A. especifica os componentes para os seus produtos. O desenvolvimento das peças diz respeito a melhorias a nível dos encaixes e dimensionamentos das peças para facilitar nas operações de montagem e embalamento. Estas melhorias são comunicadas entre a Polisport Plásticos S.A. e os seus fornecedores. Apesar de ser em menor escala, também são fornecidos componentes de clientes para produtos de caráter exclusivo.

Mais de 95% das suas vendas destinam-se à exportação para mais de 60 países. Entre os principais mercados destacam-se: França, Alemanha, Inglaterra, Suíça, Holanda, Bélgica, Áustria, Finlândia, Noruega, Dinamarca, Austrália, Brasil, Argentina, Canada e E.U.A. Os principais clientes da empresa são a KTM, a Husqvarna, a Gas Gas, a Sherco, a Triumph e a Suzuki no segmento das motas, a Decathlon, a Intersport e a ProPhete no setor das bicicletas e

ainda a HTS BeSafe a nível de cadeiras de bebê para automóveis (Polisport 2016; Polisport 2017a; Polisport 2017b).

Os principais marcos da história desta empresa resumem-se através da seguinte linha temporal:

- Em 1978 a Polisport é fundada por Pedro Araújo;
- Em 1988 inicia-se a produção de porta-bebês para bicicletas;
- Em 1998 a empresa é certificada pela norma ISO 9001:2008;
- Em 2002 inicia-se a produção de cadeiras de bebê para automóveis;
- Em 2006 são criados os departamentos de marketing, de logística e de investigação e desenvolvimento (I&D);
- Em 2011 a Polisport Plásticos S.A. é certificada pela norma NP 4457:2007.

1.2.2 O Grupo Polisport

O Grupo Polisport, para além da Polisport Plásticos S.A., que assume a posição central do grupo, é constituído por mais três empresas: a Polinter S.A., a Headgy Helmets e a Polisport Molds, empregando cerca de 273 colaboradores nas suas 5 instalações em Carregosa (Polisport Plásticos S.A., Polinter S.A.), em Vale de Cambra (Polisport Molds) e Arouca (Headgy Helmets, Polisport 2). Para além destas empresas, o Grupo Polisport possui, desde 2013, a totalidade da marca holandesa e ex-concorrente Bobike e ainda, desde 2014, a Polistar, subsidiária da Polisport no Brasil.

A Polinter S.A. principiou a sua atividade em 1980, e dedica-se à produção de peças em plástico pelos sistemas de injeção e moldação por sopro, sendo a principal responsável pelo lançamento de novos produtos e implementação de novas tecnologias desenvolvidas pelo Grupo. É o principal fornecedor da Polisport Plásticos S.A.

A Polisport Molds surgiu em 2012, sendo responsável pelo fabrico e manutenção preventiva e corretiva dos moldes do Grupo.

A Headgy Helmets passou a fazer parte do Grupo em setembro de 2012, tendo como objetivo o desenvolvimento e produção de capacetes essencialmente para o mercado europeu. Nesta unidade encontra-se também a operar a Polisport 2, onde se realiza armazenamento e expedição de produtos do Grupo.

No Anexo A é apresentado o organograma do Grupo que transpõe a visão conjunta do negócio das empresas que o constituem. Este encontra-se dividido em departamentos de suporte, que prestam serviços a todas as empresas do Grupo, e departamentos operacionais, que se encontram mais focadas na atividade que cada empresa respetiva realiza. (Polisport 2016; Polisport 2017a).

No Anexo B observa-se a vista exterior das instalações das empresas pertencentes ao Grupo Polisport.

O Grupo dispõe de uma gama completa de peças e acessórios plásticos que se podem dividir de acordo com as três categorias de veículos a que se destinam: motas, bicicletas e automóveis. Esses produtos tal como as suas categorias podem ser observadas no anexo C.

1.3 Objetivos do projeto

O principal objetivo deste projeto consiste na definição de uma linha que permita a montagem do novo modelo de cadeiras de bebê para o caso da produção a uma taxa de 25 cadeiras por hora e para o caso da montagem da cadeira recorrendo-se a 9 operadores, mas que seja

também flexível de forma a poder executar a montagem de outros modelos de cadeiras de bebê que já são produzidos na empresa. Objetiva-se que esta nova linha substitua uma linha já existente que é usada para a montagem de modelos anteriores.

De forma a permitir uma adequada definição da linha, objetiva-se também o desenho e o estudo comparativo de vários formatos de linhas aplicáveis ao novo modelo de cadeiras de bebê.

Ainda relativamente ao novo modelo de cadeiras de bebê, procura-se realizar a documentação da forma como a cadeira deve ser montada, dos principais modos de falha que podem resultar e das ações recomendadas para os controlar.

Com este projeto pretende-se ainda a pesquisa, análise e proposta de ações gerais de melhoria que visem o aumento da produtividade do setor da montagem.

1.4 Método seguido no projeto

O presente projeto inicia-se com a observação visual de uma linha de montagem a fim de melhor compreender o funcionamento do setor produtivo e de identificar locais e processos onde as ações de melhoria possam ser implementadas.

De seguida efetua-se a análise do processo de montagem do novo modelo de cadeira de forma a compreender as suas sequências e especificações das operações de montagem, a selecionar quais os componentes que devem passar por uma pré-montagem antes de serem abastecidos à linha, a identificar quais as ferramentas que podem ser necessárias à montagem e a identificar os possíveis modos de falha que podem ocorrer durante a montagem. Esta fase serve de base para a construção do FMEA do novo modelo de cadeiras. Ainda nesta fase realiza-se uma montagem individual da cadeira, medindo os tempos de montagem de forma a preparar a produção piloto do novo modelo de cadeiras de bebê.

Ainda antes da produção piloto, realiza-se uma breve formação aos operadores sobre as operações de montagem que cada um deve executar durante esta produção teste.

Durante a produção piloto 50 cadeiras são montadas numa adaptação de uma linha onde são montados outros modelos de cadeiras. Aproveita-se uma vez mais para executar um estudo dos tempos e métodos praticados na linha. De referir que quer na montagem individual quer na produção piloto nem todos os componentes da cadeira se encontravam disponíveis para a montagem total da cadeira. Contudo a produção piloto aproxima-se da situação real pois para além de já se encontrarem mais peças disponíveis do que durante a análise individual, também já se tem em conta os tempos de abastecimento, movimentação dos operadores e movimentação de cadeiras entre postos que são difíceis ou mesmo impossíveis de estimar aquando a montagem individual.

Numa fase posterior procede-se ao desenho do *layout* de uma nova linha e do respetivo bordo de linha. O desenho do *layout* do novo formato deriva da seleção entre um conjunto de *layouts* alternativos que são desenhados e estudados no presente projeto e tendo como referência de seleção o pensamento *lean*. É neste formato que se desenvolve a linha flexível planeada com os tempos de montagem e operações previamente observadas. Nesta fase realiza-se também uma análise aos embalamentos dos componentes a ser abastecidos no bordo de linha. Todos estes passos foram realizados tendo como base as ferramentas *kaizen*.

Posteriormente realiza-se um estudo acerca dos potenciais benefícios a obter com a implementação do novo formato em relação ao que foi usado na produção piloto. A maioria destes ganhos é estimada a partir da redução de movimentações dos operadores e do aumento da sua polivalência na linha.

Após a escolha e estudo do novo formato segue-se o planeamento para a sua implementação. Inicialmente visava-se a implementação e acompanhamento do arranque da produção segundo o novo formato com a montagem de 1500 cadeiras ainda no decorrer da realização da presente dissertação. Contudo devido à necessidade manifestada pelo cliente de redesenhar as peças de bloqueio do cinto de modo a que estas garantam um bloqueio mais eficiente, o lançamento em fabrico foi atrasado e tornou-se inexequível a realização das tarefas de implementação e acompanhamento da produção ainda dentro do período de realização da presente dissertação.

O cronograma das tarefas planeadas apresenta-se no anexo D.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos.

Neste primeiro capítulo foi apresentada a empresa que acolheu a realização deste projeto, foram exibidos os principais intuítos e objetivos do projeto e ainda a metodologia seguida para a sua realização.

No capítulo 2 é realizada uma revisão teórica dos conceitos e metodologias que sustentam este projeto, sendo de salientar a referência a assuntos como as filosofias e programas de melhoria contínua *lean thinking* e *kaizen*, respetivamente.

No capítulo 3 expõe-se o projeto proposto e a situação em que se encontravam os setores da empresa envolvidos na montagem, no momento inicial da realização da presente dissertação.

No capítulo 4 descreve-se o desenvolvimento deste projeto incluindo a análise realizada, as soluções propostas, as ações de melhoria planeadas e os resultados projetados.

No capítulo 5 são apresentadas conclusões sobre o trabalho realizado, tendo em conta a concordância entre objetivos alcançados e os resultados desejados, e são traçadas propostas para possíveis trabalhos futuros.

2 Enquadramento teórico

Nesta seção realiza-se uma revisão teórica dos conceitos que serviram de base à construção do presente trabalho, focando essencialmente o *lean thinking* e o *kaizen*.

2.1 O pensamento *lean*

O *lean thinking* é uma abordagem inovadora de liderança e gestão que procura identificar e eliminar de forma gradual os problemas existentes nos sistemas operacionais do negócio, com principal destaque na eliminação de tudo o que não acrescenta valor esperado pelo cliente, contribuindo para a sua satisfação tanto a nível da qualidade, como do tempo de entrega e do preço do produto, e reforçando a capacidade da empresa em competir em ambientes cada vez mais exigentes e globalizados.

2.1.1 Origem

Após a segunda guerra mundial decorrida entre 1939 e 1945 que resultou numa enorme destruição e perda material e humana no Japão, este país encontrava-se perante elevados problemas económicos e com evidente necessidade de reconstrução a vários níveis.

Numa perspetiva de sobrevivência no mercado, a *Toyota Motor Corporation* (TMC) desenvolveu um sistema revolucionário que procurava assegurar uma forte variedade de produto sem comprometer a rápida resposta, elevada qualidade e baixo preço. Este sistema designa-se por *Toyota Production System* (TPS) (Ohno 1988).

Nas décadas que se seguiram, o sistema TPS foi sendo adotado por outras empresas de forma gradual. Em 1990, os investigadores James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos publicaram o livro intitulado “*The Machine That Changed the World*” que descrevia o estudo elaborado por esses mesmos investigadores sobre o sistema TPS aquando a sua estadia no Japão na década de 1980. Com base na investigação reportada nesse livro, James Womack e Daniel Jones produziram a obra “*Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*” (1996), a partir do qual o conceito *lean thinking* se generalizou. A partir dessa altura, este conceito começou a ser mundialmente aplicado para se referir à filosofia derivada da extensão do sistema de produção da Toyota (Womack et al. 1990; Womack e Jones 2003).

Embora tenha nascido na indústria automóvel, a filosofia *lean thinking* rapidamente se expandiu para outros setores tornando-se numa das filosofias de negócio mais disseminadas.

2.1.2 Princípios do *lean thinking*

O pensamento *lean* é formado por um conjunto de cinco princípios fundamentais que estão na base da sua implementação (Womack e Jones 2003). Eles são respetivamente:

1. Identificação do Valor

O primeiro princípio crítico do pensamento *lean* é a especificação do valor. Esta etapa consiste no facto de que o valor é somente significativo quando o produto correspondente se ajusta às necessidades do consumidor, num momento específico.

2. Cadeia de valor

O segundo princípio corresponde ao mapeamento, análise e racionalização das operações do processo produtivo e do serviço ao cliente. Todas estas operações devem ser classificadas de acordo com um dos três tipos possíveis:

- i. Atividades que acrescentam valor;
- ii. Atividades que não acrescentam valor mas cuja realização é inevitável devido à limitação da atual tecnologia e formas de organização e gestão;
- iii. Atividades que não acrescentam valor e que são dispensáveis pelo que devem ser eliminadas através de ações adequadas.

3. Fluxo

O princípio seguinte diz respeito à criação de um ritmo de produção fluido e contínuo frequentemente designado por fluxo. Para tal é essencial garantir que somente as atividades que geram valor são realizadas e que estas sejam executadas numa ordem bem definida.

4. Produção *Pull*

O princípio número 4 procura promover a produção ao tipo *pull*, produzindo apenas os artigos que forem necessários nas quantidades necessárias somente quando o cliente os requer para “que seja o cliente a puxar o valor consoante as suas necessidades” (Batista 2013). Esta forma de produção procura reduzir a acumulação de *stock*.

5. Melhoria contínua

O último princípio do pensamento *lean* consiste na constante procura da perfeição. Essa perfeição descreve-se como a total eliminação de desperdícios, maximizando a criação de valor. A fim de se conseguir aproximar desse objetivo aplica-se um programa de melhoria contínua que garante o cumprimento dos princípios referidos.

2.1.3 Os três M

Os problemas operacionais das empresas centram-se em três conceitos: desperdício, variabilidade e sobrecarga, conceitos também conhecidos pelos termos de origem japonesa: *muda*, *muri* e *mura*, respetivamente. Quando se pretende implementar uma filosofia *lean*, procura-se a eliminação de cada uma destas fontes de improdutividade, sendo essencial a sua prévia análise.

1. Desperdício (*muda*)

Desperdício é qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto ou serviço entregue ao cliente, sendo uma atividade pela qual o cliente não está disposto a pagar (Ohno 1988), motivo pelo qual muitas empresas se dedicam eficientemente à sua eliminação. De forma expressiva Peter Ducker (1980) fez a seguinte referência, que em muito explica a visão *lean* acerca das atividades sem acréscimo de valor: “Não há nada mais inútil do que fazer de forma eficiente algo que nunca devia ter sido feito” (Pinto 2006).

Segundo Ohno (1988) existem sete fontes de *muda*:

- i. Defeitos – criação de produtos defeituosos e sua eventual reparação, causando paragens no ritmo de produção (Liker 2004);
- ii. Espera – períodos de paragem devidos à inexistência de material, falta de informação ou avarias de equipamento;
- iii. Movimentação desnecessária de pessoas – deslocações realizadas por colaboradores e que não se traduzem em acréscimo de valor do produto ou serviço final. Estas movimentações ocorrem devido à falta de organização do local de trabalho e à disposição incorreta dos meios necessários.
- iv. Processamento inadequado – uso incorreto de equipamentos e ferramentas e realização de processos desapropriados à atividade a ser realizada;
- v. Excesso de *stocks* – Posse de quantidades muito elevadas de matéria-prima, *Work in process* (WIP) e produtos finais em relação à procura, causando obsolescência, degradação de bens, elevados custos de armazenamento e dificuldades no controlo de problemas como atrasos de entrega pela parte dos fornecedores, inatividade de máquinas e equipamentos e longos tempos de *setup* (Liker 2004);
- vi. Excesso de transporte – movimentação excessiva de meios materiais;
- vii. Excesso de produção – produção em quantidades acima das que são requisitadas pelo consumidor ou demasiadamente cedo.

2. Sobrecarga (*muri*)

Sobrecarga refere-se às situações em que os limites naturais das pessoas ou máquinas são excedidos devido à intensidade de trabalho que é exigida. Este problema operacional pode comprometer a segurança a nível humano e promover a ocorrência de quebras e defeitos nas máquinas. Uma forma de contrariar o *muri* é instruir, padronizar e subdividir o trabalho (Ohno 1988; LEI n.d.).

3. Variabilidade (*mura*)

Variabilidade consiste nas irregularidades que decorrem com os processos, materiais, pessoas e informação resultando num ritmo não contínuo e não fluido de trabalho contribuindo para a alternância entre momentos de trabalho muito intenso e momentos de paragem. Estas irregularidades dificultam os processos de normalização do trabalho e de melhoria contínua (Liker 2004).

Relativamente à definição de *mura*, Taiichi Ohno (1988) explicou: “A tartaruga lenta mas consistente causa menos desperdício e é muito mais desejável do que a lebre veloz que corre à frente e depois para, ocasionalmente, para dormir. O sistema de produção da Toyota só pode ser realizado quando todos os trabalhadores se tornarem tartarugas”

Estes três conceitos podem ser exemplificados segundo o seguinte caso:

Uma empresa necessita de transportar 6 toneladas de material para o seu cliente utilizando 1 camião cuja capacidade máxima recomendada é de 3 toneladas. Como deveria a empresa proceder?

Uma possibilidade de resolução seria o camião fazer 3 viagens com 2 toneladas em cada. Contudo nesta solução a capacidade do camião não estaria a ser totalmente utilizada constituindo desperdício. Esta situação corresponde ao *muda*.

Uma segunda resolução possível seria o camião executar uma só viagem transportando simultaneamente as 6 toneladas. Todavia esta solução levaria à instabilidade do camião pois o seu limite de três toneladas era desrespeitado. Esta situação corresponde ao *muri*.

Uma terceira opção seria fazer o caminhão transportar 2 toneladas na primeira viagem e 4 toneladas na segunda viagem. Porém esta solução causaria variabilidade na recepção do material levando a um momento inicial de muito trabalho e depois a um momento de pouco trabalho. Esta situação corresponde ao *mura*. Para além do *mura* também são evidenciados os problemas de *muda* na primeira viagem e *muri* na segunda viagem nesta opção.

A solução mais eficiente seria o caminhão realizar 2 viagens com 3 toneladas em cada, conseguindo desse modo eliminar simultaneamente os três M (LEI n.d.).

Na Figura 1 ilustra-se cada uma das 4 opções referidas.

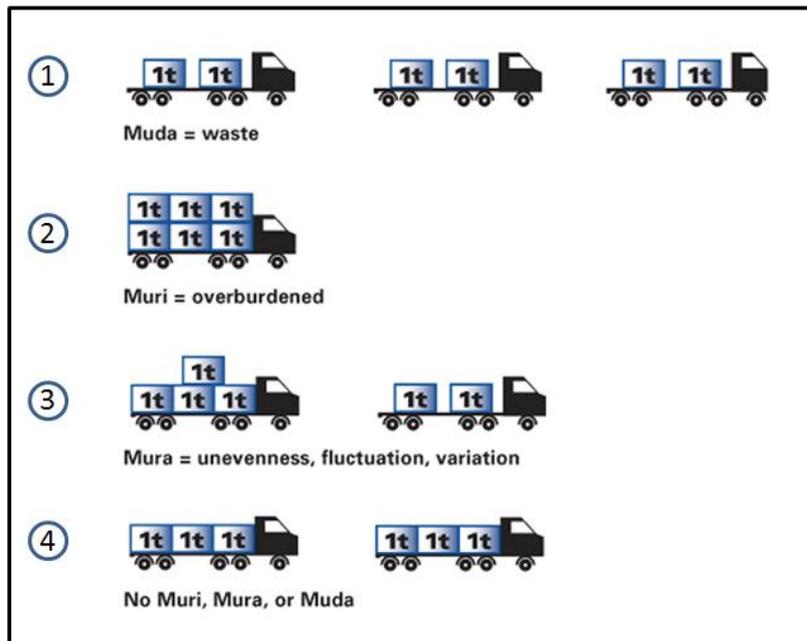


Figura 1 – Caso exemplificativo de *muda*, *muri* e *mura* (Adaptado de: LEI n.d.).

2.2 Kaizen

O termo de origem japonesa *kaizen* significa mudar (*kai*) para melhor (*zen*) e refere-se a um conjunto de ferramentas sustentadas pelos princípios *lean* com as quais se procura conseguir alcançar a melhoria contínua. Este programa de melhoria contínua foi criado por Masaaki Imai e teve o seu pico de globalização em 1985 com a fundação do instituto Kaizen na Suíça (Coimbra 2013).

A principal característica do programa *kaizen* é a capacidade de gerar grandes resultados ao longo do tempo a partir de projetos consideravelmente pequenos envolvendo geralmente mudanças simples e de baixo custo.

2.2.1 Gemba

O termo *gemba* corresponde ao “chão de fábrica”, o local onde as coisas realmente acontecem e onde é possível implementar as ações de melhoria. Uma das ideias chave do programa *kaizen* é a orientação para o *gemba* que indica que a melhor maneira para aprendizagem de um processo é a colocação do processo em prática e sua observação física na fábrica. (Coimbra, 2013).

2.2.2 Foco nas pessoas

O principal foco do *kaizen* é o envolvimento das pessoas dado que são elas que correspondem ao “motor” para o arranque das melhorias a ser implementadas. Por esse motivo é

fundamental a motivação constante das pessoas salientando a sua importância para o trabalho que se encontra a ser desenvolvido e dando sempre que possível a oportunidade para estas exporem as suas ideias, o que só é possível se existir um bom ambiente de trabalho promovido por um trabalho de equipa eficiente e uma boa liderança.

2.2.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, também designado por ciclo de melhoria de Deming, é uma ferramenta que foi divulgada no Japão pelo professor William Edwards Deming na década de 1950 no âmbito do controlo da qualidade e que apoia a aplicação da filosofia de melhoria contínua.

Esta ferramenta divide-se em quatro etapas que são realizadas de forma cíclica como é observável na Figura 2.

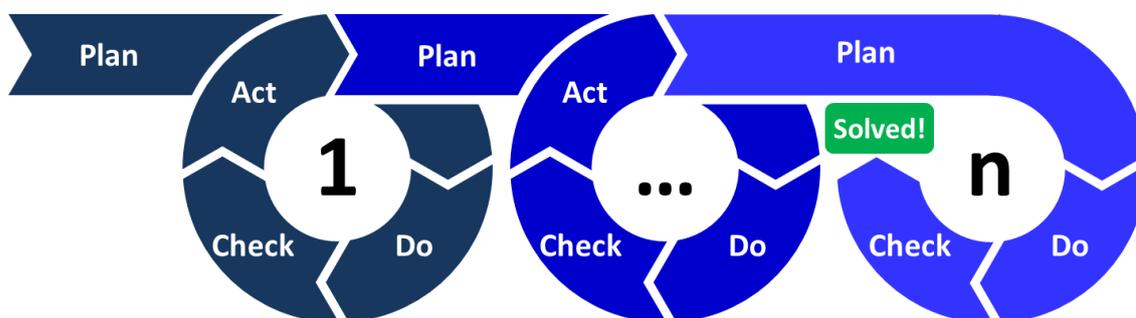


Figura 2 – (Christoph Roser. 2016. “PDCA Circle Sequence”. *The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act!* Licença livre CC-BY-SA 4.0. Acedido a 11 de abril de 2017. <http://www.allaboutlean.com/pdca>.)

1. *Plan* (Planear)

A primeira etapa do ciclo é planear e corresponde à análise e definição do problema e criação de plano de ações de melhoria onde constem os objetivos a atingir e métodos a ser seguidos.

2. *Do* (Executar)

A segunda etapa é executar, o que se traduz na implementação das ações de melhoria conforme o plano de ações realizado previamente.

3. *Check* (Verificar)

A etapa seguinte é verificar. Nesta etapa verifica-se a coerência dos resultados obtidos com as ações de melhoria implementadas. Nesta análise de resultados compara-se os resultados obtidos com os que foram planeados inicialmente identificando os possíveis desvios.

4. *Act* (Agir/Atuar)

A última etapa é agir, que corresponde a criar novas ações de melhoria, nas quais se inclui um processo corretivo para as falhas que foram detetadas. Depois das correções efetuadas importa normalizar as alterações de modo a estender a sua aplicação para futuras situações semelhantes e a garantir que o padrão atingido é mantido. Após a realização desta etapa, o ciclo reinicia.

Com a realização contínua do ciclo PDCA os erros vão sendo corrigidos de forma gradual ao longo do tempo, traduzindo-se numa melhoria contínua do processo (Pinto 2006).

2.2.4 Resistência à mudança

Um dos principais obstáculos da implementação de uma filosofia *lean* é a elevada dificuldade das pessoas envolvidas na implementação do projeto a aceitar as mudanças. É relativamente usual as pessoas recusarem a mudança salientando todas as possíveis oposições e

impedimentos às novas ideias, tal como se o ciclo PDCA fosse compreendido como “*please don't change anything*” (por favor, não mude nada).

A principal solução indicada para a resolução deste problema é a identificação e compreensão das causas da resistência evidenciada e executar as mudanças de forma gradual, explicitando sempre que possível as razões das alterações e demonstrando recorrentemente as melhorias conseguidas às pessoas envolvidas no projeto (Coimbra 2013).

Por exemplo para o caso dos 5S é frequente a dificuldade de alguns operadores em compreenderem a necessidade de se separarem de alguns objetos. Por esse motivo utilizam-se as zonas à espera de decisão (ZED) onde se colocam os elementos que ainda não foi decidido eliminar mas que também já não se encontram nos postos de trabalho. Deste modo os operadores facilmente compreendem que os objetos que eles não vão buscar às ZED correspondem a objetos considerados desnecessários ao trabalho (Courtois 2006).

2.2.5 Modelo TFM

Total flow management (TFM) é um conjunto de princípios *kaizen* que visa a criação de fluxo em toda a cadeia de valor. O TFM é construído com base em 4 pilares sendo o primeiro a estabilidade básica onde se aplicam as metodologias como o 5S de forma a combater a resistência à mudança (Coimbra 2013). Os outros três pilares são respetivamente fluxo da produção, fluxo da logística interna e fluxo da logística externa (Tabela 1). Neste trabalho as ferramentas utilizadas têm como objetivo principal o aumento do fluxo da produção.

Tabela 1 – Pilares do modelo TFM (Adaptado de: Coimbra 2013).

II. Fluxo da Produção	III. Fluxo da Logística Interna	IV. Fluxo da Logística Externa
<i>Layout</i> e Desenho de Linha	Supermercados	Desenho de Armazéns
Bordo de Linha	<i>Mizusumashi</i>	<i>Milk Run</i>
<i>Standard Work</i>	Sincronização (KB/JJ)	<i>Inbound</i>
SMED	Nivelamento	<i>Outbound</i>
Automação <i>Low-Cost</i>	Pull Planning Produção	Pull Planning Logística
I. Estabilidade Básica		

2.2.6 Layout e desenho de linha

Neste domínio procura-se eliminar desperdícios através da alteração da disposição e quantidade de postos de trabalho e do sequenciamento do processo.

Um dos principais parâmetros a ter em conta no desenho das linhas é o *takt time*. O *takt time* traduz-se no ritmo de produção necessário para satisfazer a procura e calcula-se dividindo o tempo de produção disponível de uma linha pela procura do produto produzido nessa linha no mesmo período de tempo (Equação (2.1)). Se por exemplo o tempo total disponível for de 9 horas por dia com 1 hora de intervalo e a procura for de 120 peças por dia, então:

$$takt\ time = \frac{\text{tempo disponível para produção}}{\text{procurado produto}} \quad (2.1)$$

$$takt\ time = \frac{(9h / dia - 1h / dia) \times 60\text{min} / h}{120\text{peças} / dia} = 4\text{min} / \text{peça} \quad (2.2)$$

O que significa que o tempo de ciclo deve ser o mais próximo possível de 4 min (Equação (2.2)). Se for superior a 4 a procura não é satisfeita. Se for inferior a 4, ocorre excesso de produção promovendo *muda*.

É através da tentativa de aproximar o tempo de ciclo ao *takt time* que se determina o número de postos aconselhável. De uma forma geral pode-se considerar que o número de postos de trabalho pode ser determinado através da divisão do tempo que um produto demora a atravessar a linha (*throughput time*) pelo *takt time* (Equação (2.3)). Neste caso, se o produto demorar 40 min a atravessar a linha:

$$n^{\circ} \text{ postos} = \frac{\text{throughput time}}{\text{takt time}} \quad (2.3)$$

$$n^{\circ} \text{ postos} = \frac{40 \text{ min}}{4 \text{ min/peça}} = 10 \text{ peças na linha} = 10 \text{ postos} \quad (2.4)$$

Tal significa que numa primeira abordagem deve-se utilizar 10 postos de trabalho (Chase, Aquilano e Jacobs 2001; Coimbra 2013).

A configuração da linha pode variar consoante o produto a ser fabricado e as quantidades a ser produzidas. Na Figura 3 observam-se os mais usuais tipos de configuração de linha.

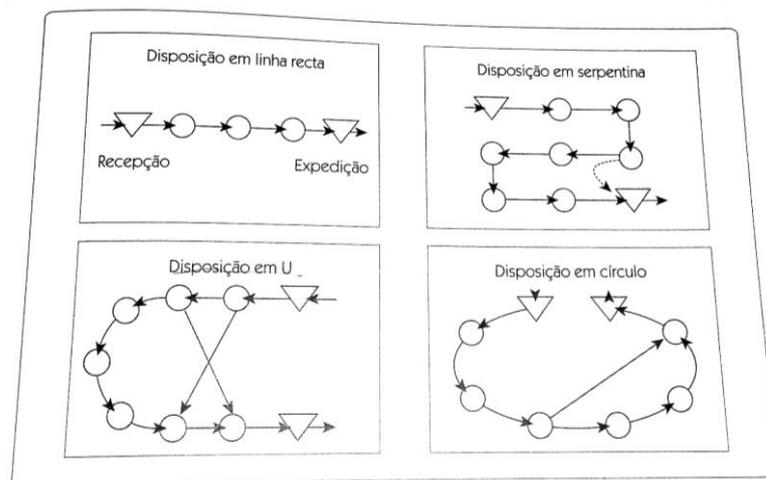


Figura 3 – Tipos de configuração de linha (Courtois 2006).

Uma destas configurações é o *layout* em forma de U. Este tipo de configuração de linha destaca-se por possibilitar uma boa comunicação entre os operadores situados no interior do U, permitindo antecipar a ocorrência de problemas, e pela facilidade de variação de capacidade da linha, através da adaptação do número de operadores (Courtois 2006).

Para além da boa comunicação entre os operadores, o desenho de linha deve também permitir a facilidade de controlo e de supervisão, a segurança dos operadores e adaptar-se às restrições do *layout* do local a implementar.

2.2.7 Balanceamento

Após o cálculo do número de postos de trabalho e da seleção da configuração da linha é fundamental realizar o balanceamento. O balanceamento de uma linha de produção consiste em distribuir as operações pelos postos de trabalho de forma a maximizar a uniformização dos tempos de execução das operações de cada posto (Assis 2017). Esta homogeneização de tempos visa a redução ou eliminação do *muri*.

Uma das ferramentas mais comumente usadas em balanceamento de linhas é o gráfico *yamazumi*. Normalmente, no eixo das abcissas são identificadas as etapas ou postos de trabalho do processo produtivo e no eixo das ordenadas representa-se o tempo de ciclo correspondente. De modo a facilitar a sua comparação com os tempos de ciclo, representa-se no *yamazumi* o *takt time* do processo através de uma linha (Figura 4).

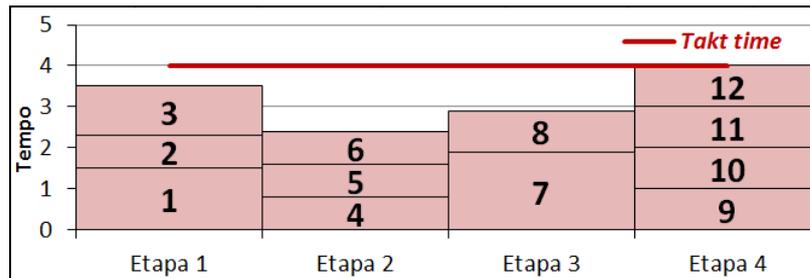


Figura 4 – Exemplo de um gráfico *yamazumi*.

Outra ferramenta tradicionalmente utilizada em balanceamento de linhas é o método RPW.

O método dos pesos posicionais (RPW) é um método heurístico que permite a atribuição das operações aos postos de trabalho de acordo não só com a duração das operações mas também com o seu posicionamento na sequência de produção (observável num diagrama de sequências operatórias) (Ghutukade 2013).

O seu procedimento divide-se em 5 etapas (Ghutukade 2013):

1. Desenhar um diagrama de sequências operatórias ou outro qualquer formato visual que permita a perceção das precedências de cada tarefa;
2. Determinar o respetivo peso posicional de cada operação. O peso posicional corresponde ao somatório das durações de todas as operações pertencentes ao caminho mais longo até ao final do processo que se inicia na operação em análise (incluindo a duração da própria operação em análise);
3. Ordenar as operações de acordo com a ordem descendente do seu peso posicional;
4. Alocar a operação de maior peso posicional num posto de trabalho. Selecionar a próxima operação.
5. Repetir o processo da etapa 4 até que todas as operações estejam alocadas sem desrespeitar os tempos disponíveis em cada posto de trabalho.

2.2.8 Bordo de linha

Bordo de linha consiste na forma como os componentes são contentorizados e disponibilizados na linha, sendo a interface entre os processos logísticos e a produção.

O planeamento de um bordo de linha deve ter em conta os seguintes critérios:

- A localização dos componentes deve permitir reduzir ao mínimo as movimentações de *picking* dos operadores da linha;
- A localização dos componentes deve permitir reduzir ao mínimo as movimentações de abastecimento da linha;
- O tempo despendido para mudança de produtos deve ser aproximadamente nulo;
- Deve existir locais para o retorno dos contentores vazios;
- Deve haver facilidade em compreender quando é necessário reabastecer os componentes.

O bordo de linha deve ainda ter capacidade suficiente para abastecer a produção durante um determinado período de tempo, durante o qual o responsável pelo abastecimento da linha recolhe os contentores vazios e fornece à linha os novos componentes. Um dos meios mais utilizados no abastecimento das linhas é um comboio logístico designado por *mizusumachi*

que corresponde a um dos domínios do fluxo da logística interna. Ele é responsável pelo fluxo interno dos componentes, circulando de forma cíclica em rotas previamente definidas.

Outro ponto relevante no planeamento do bordo de linha é dar preferência ao abastecimento frontal dos operadores utilizando o abastecimento posterior somente em situações em que é impossível abastecer pela frente como é o caso de contentores de grandes dimensões.

É ainda importante que os componentes estejam devidamente referenciados de forma a facilitar quer a produção quer o abastecimento da linha.

Quanto à contentorização é preferível a utilização de contentores de tamanho padronizado (Figura 5) variando ao mínimo o tipo de contentor usado. Esta prática permite simplificar o processo e reutilizar os contentores para novos componentes. Para além de padronizados é ainda vantajoso dar preferência a contentores de pequenas dimensões pois permitem uma maior facilidade de manuseamento, limpeza e de controlo de qualidade (Coimbra 2013).

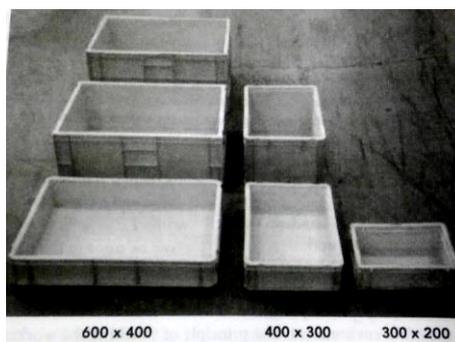


Figura 5 – Padronização de contentores (Coimbra 2013).

A existência de um bordo de linha eficiente influencia amplamente e positivamente a produtividade da linha.

2.2.9 Standard work

Standard work corresponde a padronizar o trabalho de forma a tornar fluídas as movimentações dos trabalhadores a fim de que o trabalho seja feito o mais rápido possível e com qualidade perfeita (Coimbra 2013). A normalização deve ser a regra que todos devem conhecer. Por exemplo, os produtos não conformes são colocados em contentores de cor vermelha, sendo que esta regra é idêntica para todos os postos de trabalho.

A implementação de um processo de melhoria de um *standard work* divide-se em 5 etapas:

- i. Definir o alvo da melhoria, que numa linha de produção corresponde aos postos cujos tempos de ciclo são superiores ao *takt time*;
- ii. Observar o processo, tendo em atenção os movimentos de operadores sem acréscimo de valor, o material presente nos *buffers*, os produtos defeituosos e as operações de correção dos defeitos;
- iii. Melhorar o processo, através do planeamento de ações de melhoria que visem a eliminação de *muda*;
- iv. Padronizar o trabalho, através da documentação e ilustração com o recurso a tabelas, gráficos, vídeos e *posters*;
- v. Consolidar o trabalho, criando hábitos de trabalho que sigam os padrões.

2.2.10 SMED

Single minute exchange of dies (SMED) é um processo que procura aumentar a flexibilidade da produção através da minimização do tempo de *setup*. Este processo é particularmente interessante no caso da mudança de produto numa linha onde há interesse em reduzir ao mínimo e se possível eliminar por completo os tempos de paragem de linha para alteração dos componentes abastecidos, ferramentas usadas e redistribuição dos *racks* e dos postos de trabalho. Este processo divide-se em 5 etapas (Coimbra 2013):

- i. Documentar a situação corrente, fazendo o uso de vídeos, gravações, cronogramas e diagramas esparguete;
- ii. Identificar e agrupar as tarefas de trabalho interno (trabalho que só pode ser feito com a máquina parada, ou para o caso de mudança de produto, tarefas de *setup* da linha que só podem ser feitas com os postos de trabalho parados) separadas das tarefas de trabalho externo (trabalho que pode ser feito com a máquina em funcionamento, ou para o caso de mudança de produto, tarefas de *setup* da linha que podem ser feitas com os postos de trabalho em funcionamento);
- iii. Converter trabalho interno em trabalho externo;
- iv. Reduzir trabalho interno, através de, por exemplo, fixações e apertos ou o uso de mesas com altura regulável para o caso da mudança de produto;
- v. Reduzir trabalho externo, através de, por exemplo, aproximação do local onde se guarda as ferramentas do local onde são usadas.

2.2.11 Automação *low-cost*

Automação *low-cost* (LCA) é um processo frequentemente realizado após a fase final do *standard work* e que se destina à automatização de pequenos movimentos existentes nas linhas de produção, através de dispositivos mecânicos como manivelas, roldanas, guias, cames, veios, casquilhos e juntas (Coimbra 2013; Brown 2012).

Para além de diminuir o tempo despendido nas tarefas, a LCA permite a redução de *muri* através da conversão de operações manuais inadequadas, em termos ergonómicos, para operações mecanizadas.

2.3 FMEA

A análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA) é uma técnica que aplica um método de tabulação na identificação de potenciais problemas, suas causas e efeitos e ações que possam eliminar ou reduzir a hipótese de falha.

Existem dois tipos de FMEA, o FMEA de projeto (DFMEA) onde se supõe que a produção terá em conta os requisitos do projeto (peça conforme) e o FMEA de processo (PFMEA) onde se supõe que o projeto tem em conta a aplicação final (projeto correto).

Na elaboração do FMEA, para cada uma das falhas é necessário atribuir um valor numa escala de 1 a 10 (sendo que 1 corresponde ao menos problemático e 10 ao mais problemático) aos índices de severidade, ocorrência e deteção. A severidade define o resultado do efeito. A ocorrência classifica a probabilidade de falha acontecer, considerando os controles de prevenção existentes. A deteção classifica a probabilidade de se detetar o modo de falha. O número de prioridade de risco (RPN) resulta da multiplicação de cada um dos índices e define

a quais das falhas se deve dar prioridade na procura de ações de minimização ou eliminação de riscos¹.

2.4 Representações esquemáticas

Para auxiliar a análise, organização e compreensão dos dados do processo produtivo é frequente o uso de diagramas específicos. De seguida são apresentados aqueles que são usados na presente dissertação.

2.4.1 Diagrama de sequências operatórias

O diagrama de sequências operatórias é uma ferramenta utilizada na representação de esquemas de processos produtivos e que permite a rápida identificação de operações sucessivas (quando se sucedem em sequência), operações simultâneas (quando se iniciam em simultâneo), e de operações convergentes (quando prosseguem para uma mesma operação) (Courtois 2006). Cada círculo representa uma operação. No interior de cada círculo encontra-se identificada a operação e de baixo apresenta-se o tempo de duração da respetiva operação (Figura 6).

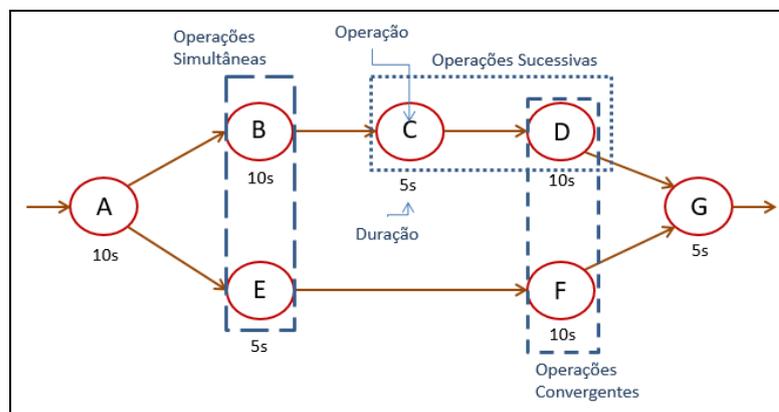


Figura 6 – Exemplificação do diagrama de sequências operatórias.

2.4.2 Diagrama de esparguete

O diagrama de esparguete é uma representação do caminho percorrido por uma pessoa ou um objeto durante o processo produtivo. Consiste em traçar uma linha sobre o *layout* do local onde a pessoa ou o objeto é interveniente. Esta ferramenta é utilizada para detetar movimentos sem acréscimo de valor geralmente destacados no diagrama pela sobreposição de linhas.

2.4.3 Matriz de responsabilidades

Numa matriz de responsabilidades existe um conjunto de linhas e um conjunto de colunas. Um desses conjuntos é atribuído às pessoas (ou equipas) e o outro às ações a desempenhar. Os pontos de interseção correspondem às responsabilidades atribuídas às pessoas nas ações respetivas. O principal objetivo da realização de uma matriz de responsabilidades é clarificar o que cada pessoa deve fazer num determinado processo e permitir confirmar se estão cobertas todas as competências necessárias para a execução das tarefas (Doglione 2016).

¹ Informação adquirida a partir de um curso de formação da WeCreateYou de 2015 realizado na empresa.

3 Situação inicial

Neste capítulo efetua-se a descrição, análise, mapeamento e deteção de problemas do processo produtivo da empresa na fase inicial da realização da presente dissertação, com especial foco na linha de montagem na qual se visa introduzir as modificações. Neste capítulo apresenta-se ainda uma breve descrição do funcionamento do novo modelo de cadeira de bebê cuja montagem foi acompanhada ao longo do presente projeto e das tarefas desempenhadas até ao momento inicial do planeamento da produção do novo modelo de cadeiras de bebê. Um ponto crítico para a realização desta fase é a investigação da situação dos processos fabris, o que só é possível através da observação do *gemba*.

3.1 Mapeamento do processo produtivo da Polisport Plásticos S.A.

O processo produtivo da Polisport Plásticos S.A. é passível de ser dividido em quatro diferentes fases que são a receção e armazenamento dos componentes, o abastecimento às linhas, a montagem e a expedição, respetivamente (Figura 7). O presente projeto foca-se nas fases de abastecimento e montagem.

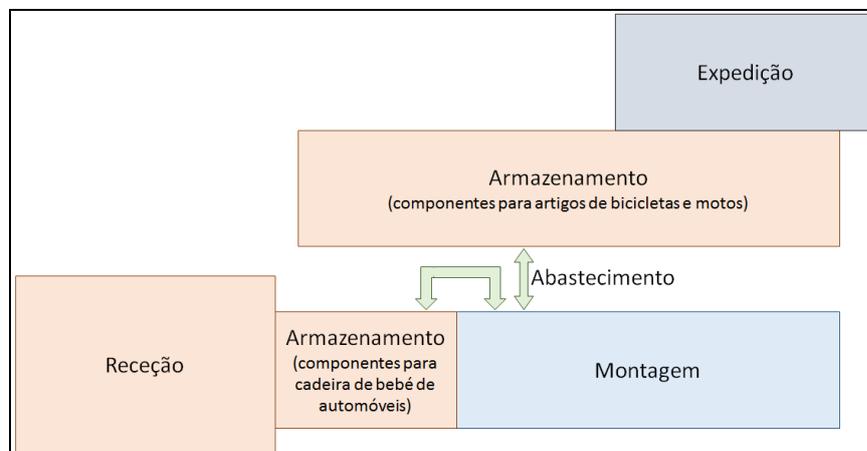


Figura 7 – Mapa das fases do processo produtivo da Polisport Plásticos S.A.

3.1.1 Receção e armazenamento de componentes

A maioria dos componentes que a Polisport Plásticos S.A. recebe são oriundos de uma outra empresa que pertence ao Grupo, a Polinter S.A. De referir que a Polinter S.A. é responsável por toda a cadeia de processos que vai desde a aquisição e tratamento de matéria-prima, passando por injeção e primeiras montagens até à expedição dos componentes para a Polisport S.A. Durante a receção dos componentes, realiza-se o controlo de qualidade por amostragem.

O armazenamento dos componentes recebidos é realizado em duas áreas distintas. A primeira destina-se a armazenar os componentes para a montagem de cadeiras de bebê para automóveis (Figura 8). A segunda serve para guardar os restantes componentes destinados a artigos para bicicletas ou motos (Figura 9). A identificação dos locais de armazenamento de cada item é

feita através de um sistema de código de barras. Para o armazenamento dos componentes são utilizadas paletes em polipropileno, paletes em madeira, caixas em polipropileno, caixas em cartão e estantes de paletes que atingem os 4,55 m de altura. De referir que são armazenadas paletes com caixas no topo das estantes, atingindo alturas ainda maiores (alturas de aproximadamente 6,20 m, se forem 5 caixas no topo).



Figura 8 – Armazém para componentes de cadeiras de bebê para automóveis.



Figura 9 – Armazém para componentes de bicicletas e motos.

3.1.2 Abastecimento às linhas de montagem

O abastecimento de componentes às linhas de montagem é realizado por comboios logísticos que executam o sistema *mizusumashi* (Figura 10) em ciclos de tempo de aproximadamente 30 minutos. As carruagens puxadas pelos tratores dos comboios logísticos *mizusumashi* possuem 0,8 m de largura. Esta largura é superior à largura do trator. Geralmente cada trator transporta 3 carruagens, mas este número pode ser variável. Para além deste sistema de abastecimento é de referir a existência de porta-paletes (Figura 11) e *stackers* (Figura 12) essenciais para movimentar os componentes que se encontram armazenados desde o nível do chão até ao nível mais alto acima do topo das estantes dos armazéns. Quer os porta-paletes quer os *stackers* são adequados a transportar cargas sobre paletes de 0,8 m de largura.



Figura 10 – *Mizusumashi*.

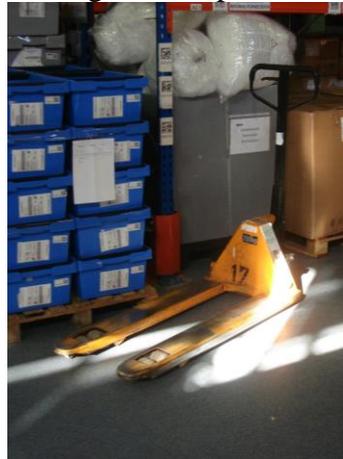


Figura 11 – Porta-paletes.



Figura 12 – *Stacker*.

Os componentes que são disponibilizados aos operadores nas linhas de montagem ficam posicionados no bordo de linha. O bordo de linha é constituído por um conjunto de *racks*

(Figura 13) com perfis tubulares em ferro que ficam posicionados entre as mesas dos postos de trabalho e o circuito do *mizusumashi*. Os *racks* possuem tipicamente 2 ou 3 andares inclinados. O sentido de inclinação (direto ou retrógrado) dos andares dos *racks* vai definir se o andar é usado para abastecer os operadores com os contentores com componentes ou se é usado para o retorno dos contentores vazios para o local de acesso ao *mizusumashi*. Para o caso dos andares que abastecem os operadores é frequente o reforço de inclinação na proximidade dos operadores de forma a ajudá-los no acesso aos componentes no interior dos contentores. Cada andar é constituído por calhas de rolos (Figura 14) que facilitam o movimento dos contentores no sentido pretendido. O espaçamento entre as calhas depende da área da base dos contentores a aplicar, sendo que quanto maior for a área das bases, maior pode ser o espaçamento entre as calhas. De referir que o posicionamento das calhas é ajustável pelo que, perante a necessidade de alterar o tipo de contentor a colocar num determinado local do bordo de linha, pode-se ajustar de forma simples as calhas correspondentes.



Figura 13 – Rack do bordo de linha.



Figura 14 – Calhas de rolos dos racks do bordo de linha.

3.1.3 Montagem

A fase da montagem é dividida em linhas de montagem específicas para cada tipo de produto a montar (Figura 15), e em cada linha atua uma equipa de operadores, constituída por um líder de equipa que tem a responsabilidade de influenciar positivamente os restantes elementos, garantido que a sua equipa gera os resultados desejados. A composição das equipas é variável de acordo com as necessidades de produção nas linhas e com a adaptabilidade dos operadores às tarefas a desempenhar.

O processo de montagem corresponde ao encaixe e fixação dos componentes abastecidos de forma a criar um equipamento designado por produto final. A montagem realizada na Polisport Plásticos S.A. é sobretudo um trabalho manual tendo uma grande dependência das técnicas e experiência dos operadores. Nas linhas é recorrente a utilização de equipamentos para auxiliar a montagem como máquinas pneumáticas de aparafusamento, alicates, bases para inclinação das cadeiras e espátulas para ajudar na colocação do estofe e materiais consumíveis como marcadores, canetas e fita-cola.

No final das linhas existe ainda um sistema informático que é utilizado para o registo dos equipamentos montados e nas linhas dedicadas à montagem de cadeiras de bebé existe um banco de automóvel para a realização de testes de qualidade ao funcionamento do cinto nas cadeiras.

Ainda nesta fase o produto final é embalado através do seu envolvimento numa película plástica e da sua colocação numa caixa apropriada, sendo, posteriormente, colocado em paletes.



Figura 15 – Linhas de montagem da Polisport Plásticos S.A.

3.1.4 Expedição

Por fim, os produtos terminados são transportados, geralmente através de *stackers*, para um armazém específico de produtos acabados onde são organizados por referências e dispostos de forma a estarem prontos a ser enviados ao cliente.

3.2 Planeamento e gestão

Para auxiliar a gestão das operações da empresa utiliza-se os *softwares Mattec Mes* (Figura 16) cuja aplicação centra-se no controlo das linhas de montagem e o *Lawson M3* para gestão de *stocks*.

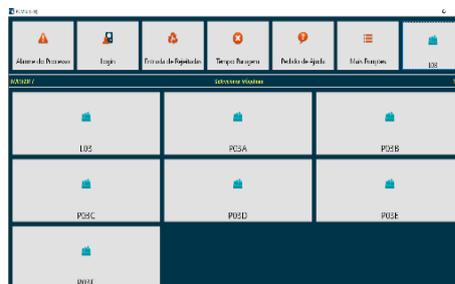


Figura 16 – Ambiente de trabalho do *Mattec Mes*.

3.3 Layout do setor da produção

No início deste projeto, o setor da produção era constituído por 7 linhas de montagem dispostas paralelamente entre si e um espaço constituído por postos individuais (L3) como é observável na Figura 17. Os postos de trabalho das linhas de montagem são geralmente constituídos por uma mesa com iluminação onde os operadores efetuam a montagem dos componentes, encostada a um *rack* que os disponibiliza. Por norma em cada posto de trabalho atua um operador. Na presente dissertação, no caso de nada ser dito em contrário admite-se que a um posto de trabalho corresponde a um operador. A mobilidade dos *racks* permite a reorganização das linhas de montagem de forma a corresponder à variabilidade da procura, o que promove a flexibilidade produtiva. Apesar da maioria dos postos de trabalho estarem integrados em linhas onde trabalham equipas, também existem postos de trabalho que funcionam de forma individual como era o caso dos postos de trabalho do espaço identificado na Figura 17 por L3, no momento inicial da realização da presente dissertação. Entre cada duas linhas de montagem, para o caso do lado da linha onde se encontram posicionados os *racks*, existe um corredor onde circula o *mizusumashi*. Os corredores onde circulam o

mizusumashi encontram-se limitados através de fitas plásticas de demarcação em 1,95 m de largura no caso de se abastecer para ambos os lados. O número de operadores em cada linha é também flexível, sendo o número de operadores representado na Figura 17 exemplificativo.

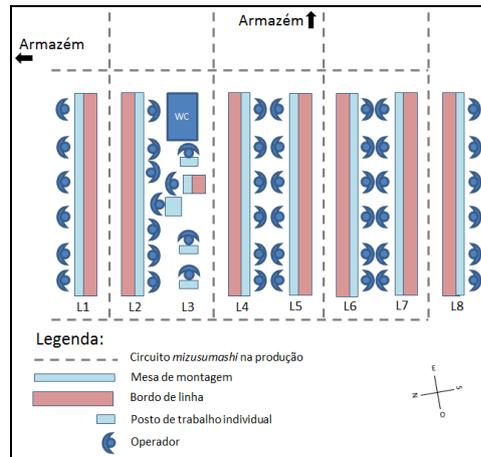


Figura 17 – *Layout* do setor da produção.

3.4 A cadeira *iZi Flex*

O presente projeto centra-se no acompanhamento do planeamento e arranque da produção de um novo modelo de cadeiras de bebê para automóveis, designado por “*iZi Flex*” da HTS Besafe (Figura 18 e Figura 19).



Figura 18 – Cadeira *iZi Flex* vista de lado.



Figura 19 – Cadeira *iZi Flex* vista de frente.

O processo da sua montagem e embalagem da cadeira *iZi Flex* divide-se em 8 fases. Cada uma destas fases é codificada por uma letra. Estas letras estão em concordância com as instruções de montagem disponibilizadas pelo cliente. Cada fase é constituída por operações de montagem. Na Tabela 2 encontram-se a designação de cada uma destas fases e a sua codificação respetiva.

Tabela 2 – Fases da montagem da cadeira *iZi Flex* e respetiva codificação.

Fase	Letra
Montagem do assento	A
Montagem do encosto de cabeça	B
Junção do encosto posterior ao encosto de cabeça e colocação dos componentes em poliestireno expandido (EPS)	C
Junção do conjunto do encosto ao assento	D
Colocação dos estofos na cadeira	E
Montagem dos amortecedores	F
Junção dos amortecedores e dos <i>stickers</i> à cadeira e realização de testes	G
Embalamento	I

Na Figura 20 representa-se o sequenciamento respetivo.

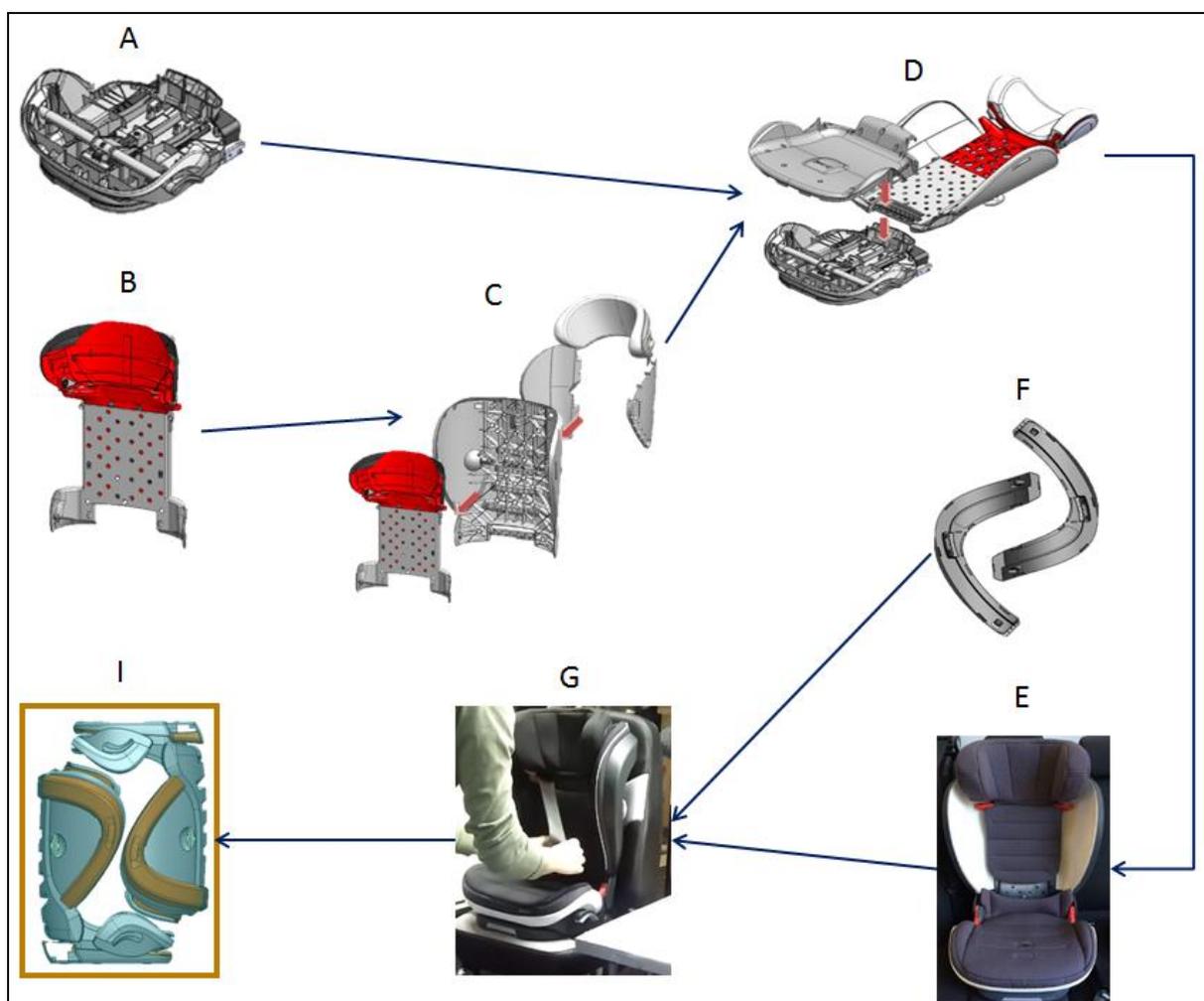


Figura 20 – Sequência das fases de montagem e embalagem da *iZi Flex*.

Note-se que inicialmente existia uma fase H correspondente à montagem de uns segundos amortecedores mas entretanto os componentes dessa fase foram excluídos do processo de montagem.

Esta cadeira inclui um sistema *isofix* colocado na base da cadeira. O sistema *isofix* é um equipamento em formato de H ou em formato de U (Figura 21) que permite a fixação da cadeira ao banco do automóvel (Figura 22) através o encaixe das garras metálicas do *isofix* aos ganchos presentes no banco de trás dos automóveis no caso de estes existirem (a maioria

dos automóveis atuais possui compatibilidade com o sistema *isofix*, os modelos mais antigos não estão equipados com este sistema).



Figura 21 – *Isofix* em formato de U.

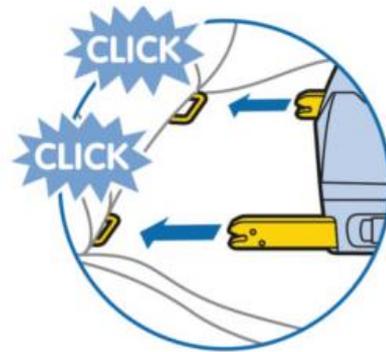


Figura 22 – (Adaptado de: Bébéconfort. *ISOFIX versus cintos de segurança: Qual é a cadeira auto mais adequada?* Acedido a 18 de Abril de 2013. <http://www.bebeconfort.com>)

A pressão dos botões de acionamento do sistema *isofix* (Figura 23) serve para libertar a cadeira do banco do automóvel. Para o encaixar no banco, basta empurrar as “garras” do *isofix* contra o local onde se pretende o fixar, o que faz com que os botões voltem a subir.



Figura 23 – Botão de desprendimento do *isofix* do banco do automóvel.

O manípulo indicado por uma seta na Figura 24 serve para possibilitar o deslocamento do assento sobre a base nos sentidos indicados.



Figura 24 – Deslocamento do assento.

A alavanca que se encontra à esquerda na Figura 25 serve para fazer correr o *isofix* na base da cadeira. A parte da elevação da alavanca indicada pela seta mais à esquerda serve para bloquear o movimento do *isofix*, obrigando-o a ficar no exterior e permitindo assim a correta fixação da cadeira ao banco do automóvel. Para recolher o *isofix* é necessário retirar o bloqueio e empurrar as “garras” do *isofix* para o interior da base (Figura 26)

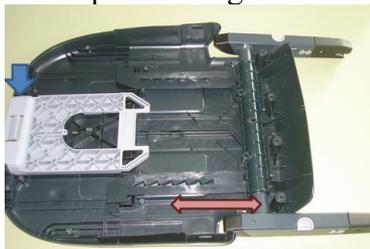


Figura 25 – Movimento do *isofix* sobre a parte inferior da base da cadeira.



Figura 26 – Base da cadeira com o *isofix* recolhido.

A rotação do manípulo indicado pela seta na Figura 27 possibilita o movimento do encosto de cabeça nos sentidos indicados. Limitado por um círculo encontra-se um dos dois desbloqueios de cinto que servem para bloquear e desbloquear o cinto através do seu movimento descendente e ascendente respetivamente.



Figura 27 – Manípulo de elevação do encosto de cabeça.

As guias laterais que se encontram nas Figura 28 e Figura 29 permitem regular as duas posições de rotação do encosto segundo o sentido indicado pela seta na Figura 28.



Figura 28 – Encosto totalmente inclinado para trás.



Figura 29 – Encosto totalmente inclinado para a frente.

3.5 Análise da linha 2 na montagem da cadeira *iZi Plus*

Antes de se trabalhar no planeamento da produção de um novo produto é essencial observar o funcionamento da produção para um produto semelhante no local onde se visa a implementação do projeto. Com este objetivo, foi feita uma análise ao funcionamento da linha 2 na montagem da cadeira designada por “*iZi Plus*”, através da observação e cronometragem. A escolha deste modelo decorre do facto de se pretender montar na mesma linha alternativamente o novo modelo *iZi Flex* e este modelo *iZi Plus*.

Na Tabela 3 apresenta-se uma análise global do tempo decorrido entre o momento inicial da montagem de uma cadeira e momento final onde o embalamento da mesma cadeira é finalizado. De referir que apenas são analisadas de forma independente as movimentações mais significativas, nomeadamente as movimentações entre linhas independentes, entre linhas e tapetes rolantes e entre linhas e caixas de grandes dimensões colocadas externamente aos *racks*. Estas movimentações são estimadas de acordo com os valores tabelados no anexo E. Considera-se que as restantes movimentações são independentes do formato da linha de montagem pelo que são incluídas no tempo dos respetivos postos de trabalho (o tempo dos postos de trabalho inclui então o tempo de pegar nos componentes, o tempo de montar os componentes, incluindo as respetivas movimentações implícitas, o tempo de entregar o produto intermédio ao posto seguinte e o tempo de retorno do operador à posição inicial, na

exceção dos casos das movimentações significativas acima referidas). O *layout* da linha segue uma configuração em forma de linha reta no qual o posto individual 9 fornece a base da cadeira ao posto 6 (Figura 30).

Tabela 3 – Tempos da análise da montagem da cadeira *iZi Plus*.

Etapa	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)
Posto 1	133	133
Mov. 1	5,76	138,76
Posto 2	118	256,76
Posto 3	75	331,76
Posto 4	129	460,76
Posto 5	179	639,76
Posto 9	121	760,76
Mov. 9	5,4	766,16
Posto 6	216	982,16
Posto 7	146	1128,16
Posto 8	70	1198,16



Figura 30 – Esquema da configuração da linha 2 na montagem da cadeira *iZi Plus*.

A movimentação do posto 1 refere-se ao abastecimento da carapaça da cadeira que se encontra numa caixa de grandes dimensões. A movimentação do posto 9 inclui o tempo de transporte da base desde o posto individual até à linha de montagem mais o tempo de regresso do operador ao seu posto.

No que diz respeito aos desperdícios detetados, estes concentram-se em movimentos dos operadores ou em tarefas de correção derivadas da utilização não aperfeiçoada dos equipamentos. É exemplo a queda de parafusos ao chão ao utilizar a ferramenta de aparafusar. A prática de iniciativas de sensibilização à boa utilização dos equipamentos pode contribuir para se combater esta fonte de desperdício. Outro exemplo é o da movimentação dos operadores para vestir, despir ou guardar peças de roupa durante o trabalho na linha. É de referir que os balneários dos operadores se encontram relativamente longe das linhas de montagem, o posto da linha 2 que se encontra mais próximo do balneário feminino dista cerca de 19 m de percurso. A criação de espaços adequados para colocar as peças de roupa na proximidade das linhas de montagem pode contribuir para reduzir o tempo despendido nesse tipo de movimentação. Contudo, a partir da mesma análise observa-se que a principal fonte de desperdício é o desequilíbrio de tempos entre diferentes postos de trabalho.

A partir da observação do gráfico da Figura 31 e do gráfico da Figura 32 é possível ter, de forma mais eficaz, uma perspetiva acerca dos postos cujas tarefas são desempenhadas mais rapidamente ou mais lentamente. Neste caso o posto que demora mais tempo a desempenhar a tarefa atribuída é o posto 6 enquanto o mais rápido é o posto 8.

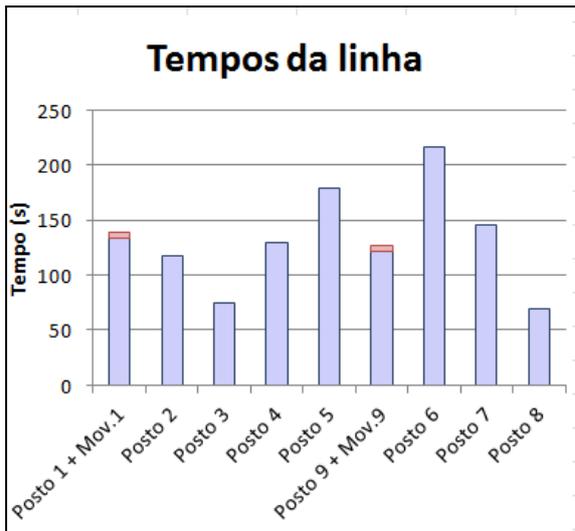


Figura 31 – Gráfico de barras dos tempos da montagem da cadeira *iZi Plus*.

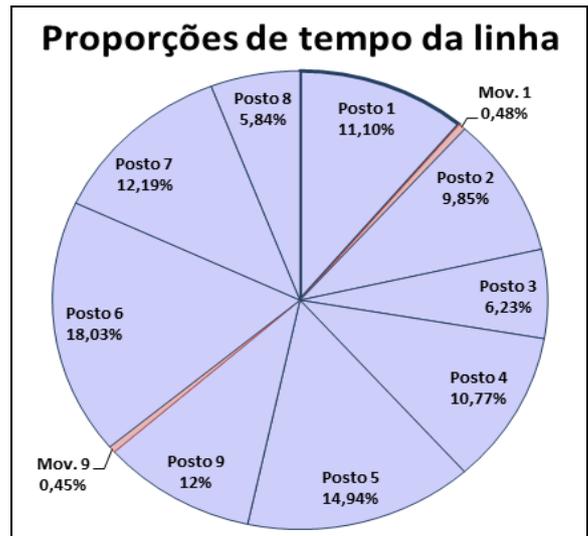


Figura 32 – Gráfico circular das proporções de tempo na linha na montagem da cadeira *iZi Plus*.

3.6 Identificação geral de potenciais problemas

A partir da observação do *gemba* foram levantadas situações de oportunidade de melhoria, que se distribuem nas diferentes fases do processo produtivo e que afetam negativamente a produtividade da empresa.

3.6.1 No armazenamento de componentes

- **Armazenamento manual**

O armazenamento dos componentes é feito manualmente pelos operadores com o auxílio de porta-paletes e *stackers*, havendo pouco investimento em sistemas automatizados (Figura 33, Figura 34).



Figura 33 – Armazenamento de *stocks*.



Figura 34 – Armazenamento de *stocks*.

- **Danificação de paletes**

A maioria das paletes utilizadas é de madeira. A utilização frequente das paletes associada à carga excessiva a que por vezes estão sujeitas proporciona a sua degradação (Figura 35). Quando danificadas, a sua utilização favorece o risco de acidentes.



Figura 35 – Pallette danificada.

De referir que as paletes de madeira de 1,2 m de comprimento por 0,8 m de largura possuem as limitações referidas na Tabela 4 em relação à carga máxima a suportar (considerando a carga uniformemente distribuída) (Manutan 2017):

Tabela 4 – Cargas máximas das paletes de madeira de dimensões da base 1,2 m por 0,8 m.

Tipo de paleta	Carga estática máxima (Kg)	Carga dinâmica máxima (Kg)
Norma europeia (Figura 35)	4000	1500
Leve	1200	600
Descartável	1000	500

3.6.2 No abastecimento

- **Obstáculos no circuito do *mizusumashi***

É recorrente detetar-se a existência de objetos deixados no circuito *mizusumashi* que constituem obstáculos à sua circulação (Figura 36 e Figura 37), seja por desconhecimento das regras ou desatenção dos operadores, o que causa o aumento do tempo necessário ao abastecimento das linhas, contribuindo para a existência de paragens das linhas por falta de componentes.

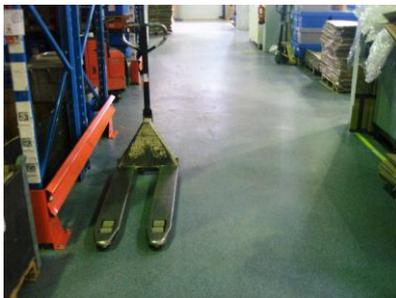


Figura 36 – Porta-paletes parado no circuito do *mizusumashi*.



Figura 37 – Mesa de apoio ao trabalho colocada no circuito do *mizusumashi*.

3.6.3 Na montagem

- **Variedade do tipo de caixas de abastecimento as linhas**

Os componentes são armazenados em caixas de diferentes tipos o que dificulta a padronização na fase da montagem.

- **O bordo de linha**

Nem todas as linhas têm um bordo de linha com um formato que possibilite o total abastecimento dos componentes de forma frontal devido ao facto de algumas caixas serem de grandes dimensões (1200 mm de comprimento por 800 mm de largura por 400 mm de altura). Por esse motivo é necessário recorrer ao abastecimento posterior (Figura 38) o que prejudica a produtividade da linha e dificulta a gestão do espaço.



Figura 38 – Racks usados no abastecimento posterior da linha de montagem.

- **Ausência de locais para colocar ferramentas e equipamentos essenciais**

Ferramentas como aparafusadores, marcadores e alicates e bens pessoais como garrafas são frequentemente “deixados” sobre a superfície de trabalho, dada a inexistência de locais apropriados para os guardar de forma temporária (Figura 39, Figura 40).



Figura 39 – Ferramentas e bens materiais usados na montagem.

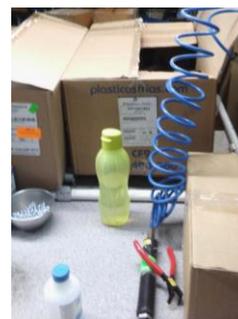


Figura 40 – Ferramentas e bens materiais usados na montagem.

3.6.4 Na expedição

- **Distância percorrida pelo transporte**

A distância a percorrer entre a zona da montagem e a zona da expedição é elevada, causando grandes tempos de indisponibilidade dos meios de transportes de componentes, o que representa desperdícios.

4 Desenvolvimento do projeto e apresentação da proposta de melhoria

4.1 FMEA da cadeira *iZi Flex*

Após a análise do processo de montagem da cadeira *iZi Plus* da linha 2, procedeu-se a um processo de várias montagens e desmontagens da cadeira *iZi Flex* feitas de forma individual e seguindo um conjunto de instruções pré-definido, na perspectiva de identificar etapas onde a ocorrência de erros seja previsível ou que a dificuldade da realização da tarefa seja acrescida. A listagem das peças utilizadas e procedimentos seguidos para a montagem da cadeira *iZi Flex* encontram-se nos anexos F e G respetivamente.

Com base nestes procedimentos construiu-se um FMEA de processo para a cadeira *iZi Flex* a fim de se determinar quais as potenciais falhas do funcionamento da cadeira. O FMEA encontra-se no anexo H.

Uma das principais falhas detetadas no FMEA é que a dificuldade de montagem de alguns componentes era elevada. Uma solução é determinar quais dos componentes são mais fáceis de montar quando a montagem é feita a quente, imediatamente a seguir à fase de injeção. Estes correspondem sobretudo a componentes complementares de idêntico material. Com esse intuito, foi também feita uma seleção dos componentes cuja montagem seria facilitada se fossem fornecidos à linha já pré-montados. Dessa seleção destaca-se os componentes dos amortecedores, pelo que a fase de montagem dos amortecedores (fase F) passou a ser realizada numa pré-montagem realizada na Polinter S.A.

4.2 Produção piloto

A realização da produção piloto visou mostrar ao cliente a capacidade produtiva da empresa em relação à cadeira *iZi Flex*, criando uma oportunidade para se detetar possibilidades de melhoria. Esta produção foi também proveitosa para se estudar o desenho do bordo de linha a acompanhar o novo *layout* que é proposto após a realização e análise da produção piloto, nomeadamente os locais do bordo da linha onde se encontrariam os contentores de maiores dimensões e os locais onde os operadores necessitariam de mais espaço para realizar as tarefas respetivas. A produção piloto consistiu na produção de 50 cadeiras *iZi Flex* tendo sido acompanhada por elementos do departamento de logística e do departamento de engenharia da Polisport e pelos representantes da empresa cliente HTS.

4.2.1 Divisão de tarefas

A partir da análise de tempos relativos a uma montagem realizada de forma individual, onde uma se montou parcialmente uma cadeira *iZi Flex*, tendo essa pessoa um exemplar de todas os componentes disponíveis no seu posto, dividiu-se as tarefas pelos postos de trabalho. No anexo I apresentam-se os tempos desta análise, dispostos para cada fase. Importa referir que alguns componentes da cadeira *iZi Flex* não se encontravam disponíveis no momento da

análise de montagem individual, nomeadamente os estofos, alguns componentes em poliestireno expandido (EPS), etiquetas, manuais e autocolantes pelo que os tempos analisados apenas contemplam uma parte do processo de montagem. De referir ainda que estes tempos não incluem os movimentos entre postos nem os tempos despendidos com o pegar e desembalar dos componentes. Por esses motivos não se recorreu ao *throughput time* para o cálculo de número de postos de trabalho nesta fase. É também de mencionar que na produção piloto foram já realizadas as pré-montagens referidas no FMEA.

Embora não seja possível calcular o *throughput time* sem admitir um erro de cálculo muito significativo, o cálculo do *takt time* é exequível já nesta fase. Sabe-se que o objetivo da taxa de produção da cadeira *iZi Flex* é de 25 cadeiras por hora. A partir desta informação é possível determinar que o valor do *takt time* é de 144 segundos (Equação (4.1)).

$$takt\ time = \frac{3600s/h}{25cad/h} = 144s/cad \quad (4.1)$$

De forma a possibilitar que a montagem do assento (fase A) e do encosto (fase B) da cadeira se inicie ao mesmo tempo e visando minimizar os movimentos do operador responsável pela junção do encosto ao assento (fase C) admitiu-se que cada operador só devia operar numa só fase. Posteriormente determinou-se que a fase B necessita de pelo menos dois operadores para que esta seja montada num período de tempo abaixo do *takt time*. Com base nos tempos dos postos de trabalho da fase B, efetuou-se o balanceamento das restantes operações tendo-se determinado a necessidade de 10 postos de trabalho.

No gráfico *yamazumi* da Figura 41 observa-se a atribuição das operações para cada posto segundo os tempos da análise individual. As operações que se encontram indicadas sobre as barras são atribuídas ao posto da barra correspondente, mas não possuem tempo de teste. O significado da codificação de cada operação encontra-se nas instruções de montagem no anexo G.

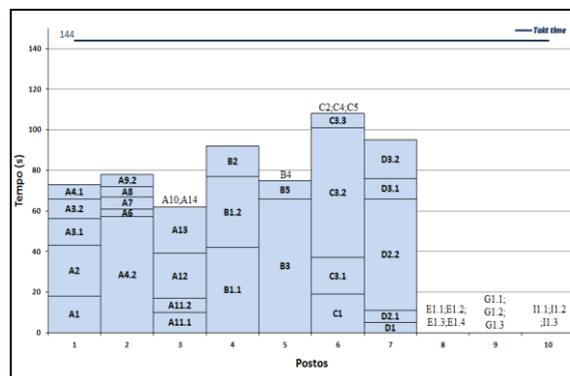


Figura 41 – Distribuição das operações para a produção piloto da cadeira *iZi Flex* com os tempos da análise individual.

4.2.2 Instrução aos operadores

Após a divisão das operações pelos postos de trabalho efetuou-se uma breve formação a cada operador acerca de quais as tarefas que este iria desempenhar e do como as deveria executar aquando a produção piloto (alocação dos operadores aos postos de trabalho).

4.2.3 Layout em forma de linha

De forma a minimizar o tempo despendido em *setup*, a produção piloto da cadeira *iZi Flex* seguiu um *layout* de linha, aproveitando grande parte da configuração que se encontrava da montagem da cadeira *iZi Plus* na linha 2. Contudo foi necessário recorrer a um tapete rolante

para transportar as bases das cadeiras desde o posto 3 até ao posto 7 e a um caixote de grandes dimensões (1200mm x 800mm x 900mm) para abastecer o posto 6 com as peças da parte de trás do encosto, a funcionar como abastecimento posterior. Na Figura 42 e na Tabela 5 apresentam-se a disposição dos postos e os respetivos tempos de montagem da própria produção piloto já com os 10 postos de trabalho. Os movimentos mais significativos são assinalados à parte e estimados a partir da tabela do anexo E.

Nos anexos J e K apresenta-se a informação relativa ao dimensionamento do bordo de linha e tempos dispostos por cada tarefa.

Tabela 5 – Tempos da análise da produção piloto dispostos por postos.

Etapa	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)
Posto 1	100	100
Posto 2	121	221
Posto 3	163	384
Mov. 3	9,36	393,36
Posto 4	76	469,36
Posto 5	355	824,36
Posto 6	184	1008,36
Mov. 6	9,36	1017,72
Posto 7	157	1174,72
Mov. 7	7,2	1181,92
Posto 8	284	1465,92
Posto 9	132	1597,92
Posto 10	70	1667,92

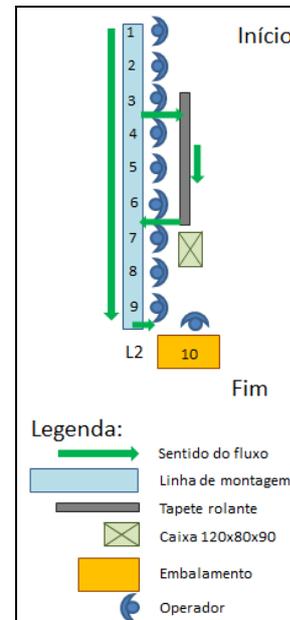


Figura 42 – Esquema da configuração da linha 2 na montagem da cadeira *iZi Flex*.

A movimentação do posto 3 corresponde ao transporte da base até ao tapete rolante (Figura 43) posicionado na parte de trás dos operadores mais regresso do operador à linha. Admite-se que cada rotação do operador (de aproximadamente 180°) corresponde a um passo e que o posicionamento correto da base no tapete demora um tempo semelhante a um endireitamento do operador. A movimentação do posto 7 é semelhante à do posto 3 não sendo necessário o endireitamento. A movimentação do posto 6 corresponde ao abastecimento da parte de trás do encosto que se encontra numa caixa de grandes dimensões (Figura 44) isolada dos *racks*. Considera-se que este movimento implica um agachamento do operador para que este pegue no componente.



Figura 43 – Tapete rolante a movimentar cinco bases da cadeira *iZi Flex*.



Figura 44 – Caixa de embalagem das partes de trás do encosto.

A partir da análise da Tabela 5 observa-se que os postos de trabalho cujo tempo de execução de tarefas excede o *takt time* são os postos 3, 5, 6, 7 e 8.

O tempo excessivo nos postos 5 e 6 deve-se a dificuldades encontradas no processo da montagem nestes postos em específico. O posto 5 corresponde ao *bottleneck* da produção piloto. Neste posto, a tarefa de colocação dos botões no encosto de cabeça (Figura 45) revelou-se de elevada dificuldade. Para auxiliar à realização desta tarefa utilizou-se um alicate de ilhós (Figura 46), o que se revelou não ser muito eficaz.



Figura 45 – Botão no encosto de cabeça.



Figura 46 – Alicates de ilhós usado na montagem.

No posto 6 a tarefa da colocação da peça de fricção à parte de trás do encosto foi identificada como tarefa de dificuldade acrescida. O encaixe dos pilares da peça de fricção exigia bastante esforço físico para que a sua correta colocação fosse conseguida (Figura 47). Para auxiliar a realização desta tarefa utilizou-se inicialmente um agente separador de silicone e posteriormente um lenço.



Figura 47 – Montagem da peça de fricção no encosto.

Outros postos como é o caso do posto 8 apresentaram tempos elevados devidos à necessidade de adaptação dos operadores à montagem do novo modelo de cadeira de bebé. A informação relativa aos tempos de montagem é observável a partir dos gráficos da Figura 48 e Figura 49.

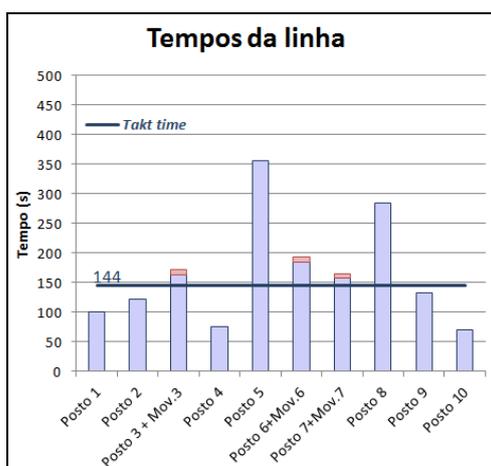


Figura 48 – Gráfico de barras dos tempos da montagem da cadeira *iZi Flex* em cada posto na produção piloto.

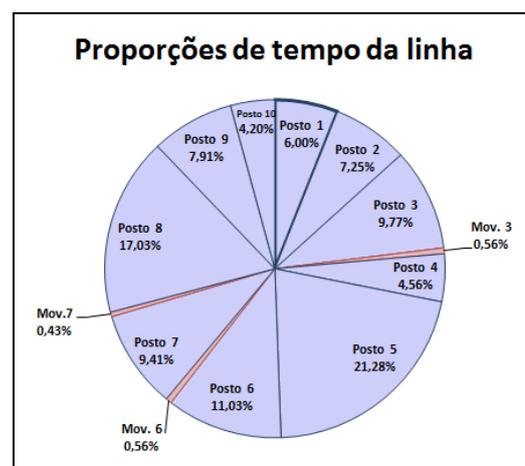


Figura 49 – Gráfico circular das proporções de tempo na linha na montagem da cadeira *iZi Flex* na produção piloto.

A combinação das grandes dificuldades encontradas nas tarefas de montagem, da necessidade de adaptação às tarefas e dos movimentos significativos na linha de montagem justifica em grande parte os tempos elevados que a montagem da cadeira despendeu nos postos de

trabalho e entre postos de trabalho. É ainda de salientar que o tapete rolante tem uma capacidade para cinco bases da cadeira *iZi Flex*, pelo que, quando a capacidade do tapete fica saturada (Figura 43), os processos dos postos de trabalho que antecedem a colocação da base no tapete são obrigados a parar (*blocking*), promovendo o aumento do tempo das tarefas desses postos uma vez que os operadores percebem que podem abrandar o processo de montagem e mesmo assim acompanhar o ritmo de produção.

4.3 Necessidade de ferramentas e alterações de componentes

Em vários momentos do processo de montagem da cadeira *iZi Plus* é necessário o aparafusamento de parafusos, sendo essencial a utilização de aparafusadores pneumáticos em quase todos os postos de trabalho (todos os postos até ao início da fase de colocação dos estofos) para minimizar o tempo despendido nessa atividade. A utilização de uma espátula também é recomendável como auxílio na tarefa de colocação dos estofos, tal como de um pedaço de pano no encaixe da peça de fricção.

4.4 Proposta do novo formato

4.4.1 Cálculo do número de postos de trabalho

De lembrar que o objetivo para a taxa de produção de cadeiras *iZi Flex* é de 25 cadeiras por hora o que corresponde a um *takt time* de 144 segundos.

Contrariamente ao que foi considerado na produção piloto, neste caso o cálculo do número de postos de trabalho do novo formato baseia-se nos tempos medidos aquando a produção piloto pois o modo de montagem executada nesta série piloto encontra-se muito próxima daquela que se idealiza após a implementação do novo formato e o processo de montagem da série piloto foi realizado quase na totalidade (ausência apenas de manual, etiqueta e alguns *stickers*). Contudo para o caso excecional da operação de colocação dos dois botões no encosto (etapa B4) admite-se a possibilidade de melhoria de ferramenta, estimando-se um tempo de execução de 30 segundos em vez dos 270 medidos. Nesse caso, o *throughput time* é de 1402 segundos (Equação (4.2)).

$$\text{throughput time} = 1642s - 270s + 30s = 1402s \quad (4.2)$$

O número de postos de trabalho é calculado a partir da Equação (4.3).

$$n^{\circ} \text{ postos} = \frac{1402s}{144s / \text{cad}} = 9,74 \text{ postos} \quad (4.3)$$

Para o novo formato de *layout* de montagem da cadeira *iZi Flex*, o número de postos de trabalho necessários, pelo menos numa análise inicial, é de 10 postos de trabalho para o caso de um *takt time* de 144 segundos.

4.4.2 Diagrama de seqüências operatórias

A partir da observação de cada uma das fases de montagem e embalagem da cadeira *iZi Flex*, conclui-se que o processo se sequencia da forma como se apresenta no diagrama da Figura 50.

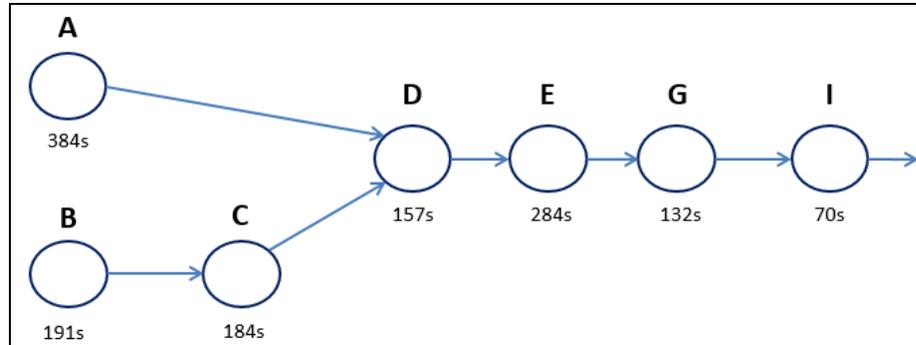


Figura 50 – Diagrama de seqüências operatórias para as fases de montagem da cadeira *iZi Flex*.

Contudo, aprofundando o foco, analisando cada operação em vez da análise geral das fases obtém-se uma seqüência ligeiramente mais complexa (Figura 51).

Nesta seqüência as operações ou conjunto de operações A1 e A2 convergem para A3-A14; B1.1-B5, C1 e C2 convergem para C3.1-C5, A3-A14 e C3.1-C5 convergem para D1-D3.2 e finalmente, todas as tarefas das fases D, E, G e I são sucessivas. Relativamente às operações E1.2 e E1.3, não é relevante qual destas é realizada primeiro. O respetivo quadro das precedências encontra-se no anexo L.

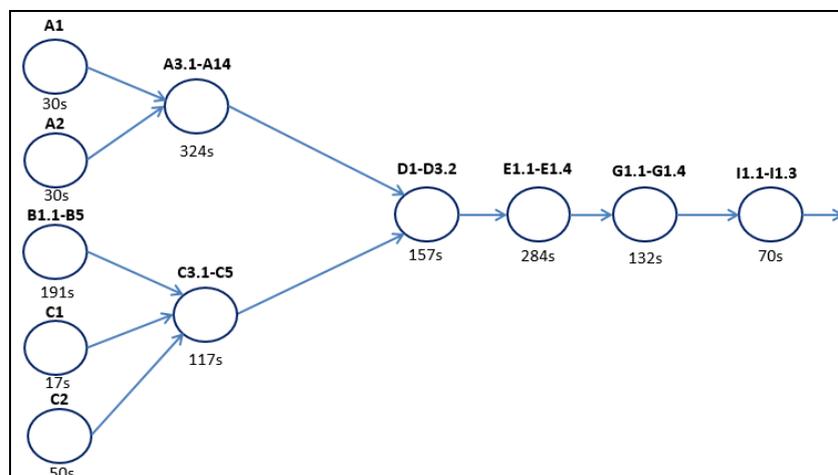


Figura 51 – Diagrama de seqüências operatórias para as operações de montagem da cadeira *iZi Flex*.

4.4.3 Soluções possíveis para o *layout* e respetivo balanceamento

Após a abordagem inicial em relação ao número necessário de postos de trabalho e de se realizar o estudo relativamente ao sequenciamento das operações importa determinar qual a configuração e distribuição a utilizar desses postos de trabalho.

Com esse intuito procedeu-se ao desenho e balanceamento de possíveis formatos para o *layout*. Para cada formato são analisados os potenciais pontos positivos e negativos da sua aplicação à montagem do novo modelo de cadeiras de bebê, de forma a possibilitar uma comparação entre os *layouts* e, conseqüentemente, a seleção do formato.

Importa ainda salientar que os tempos de execução das operações tendem a reduzir à medida que ocorre a adaptação e especialização dos operadores nas novas operações, com especial diminuição geralmente nos primeiros dias de contacto com as operações.

A fase de embalamento (fase I) não necessita de mesa nem *rack* para a sua execução, por esse motivo, embora seja considerada no balanceamento, não vai ser representada nesta etapa nos desenhos de *layout*.

A. *Layout* em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto

Uma possibilidade para o novo formato é a configuração dos postos de trabalho segundo a forma de uma linha (Figura 52), mas com a montagem simultânea da base e encosto da cadeira nos postos iniciais. A seta representada na Figura 52 indica o sentido da montagem.

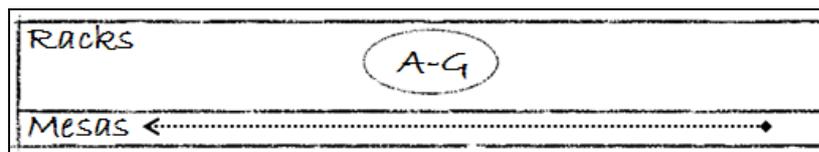


Figura 52 – *Layout* em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto.

Neste caso, uma vez que se realiza em simultâneo várias fases da montagem, torna-se interessante efetuar-se o balanceamento para toda a linha através do método RPW. No anexo M apresenta-se a tabela da atribuição das operações a cada posto de trabalho de acordo com o método RPW. O balanceamento das operações pode também ser observado no *yamazumi* da Figura 53.

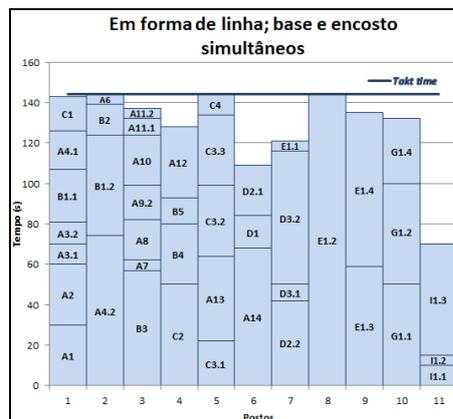


Figura 53 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira *iZi Flex* para a configuração em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto.

Como é possível observar na Figura 53, são necessários pelo menos 11 postos de trabalho para que os tempos de ciclo sejam inferiores ou iguais ao *takt time*. Esta subida do número de postos de trabalho em relação ao valor 10 calculado na abordagem inicial deve-se ao facto de que cada operação só pode ser atribuída a um só posto de trabalho.

Este formato permite um fácil balanceamento das operações (eliminação do *muri*) e a sua implementação implica poucas alterações no *layout* da produção da empresa que já se encontra a funcionar com configurações em forma de linha. Este formato também pode ser adaptado para uma forma em L o que se torna interessante no caso de o comprimento da linha exceder o comprimento disponível entre corredores no *layout* da produção. Todavia a montagem simultânea de vários produtos intermédios no mesmo posto promove o aumento do número de movimentações dos operadores, uma vez que aumenta o número de passagens de produtos intermédios entre operadores, e torna difícil a visualização e compreensão do fluxo de produção mesmo para os operadores, favorecendo a ocorrência de erros na montagem, nomeadamente o esquecimento da realização de determinadas operações gerando,

consequentemente, necessidades de etapas de desmontagem e correção. Este acréscimo desnecessário do número de movimentações e de etapas correspondem a *muda*. Neste formato também é evidenciado o caso do *mura* uma vez que um operador passa ao operador seguinte trabalho (produtos intermédios) a ritmos distintos.

B. *Layout* em forma de Y

Outra possibilidade para o novo formato é separar a fase da montagem da base da fase da montagem do encosto, fazendo-as ser realizadas de forma independente e convergindo na fase da junção do assento ao encosto, fase a partir da qual se procede ao processo de montagem final até ao embalamento. Desta forma cria-se um *layout* em forma de Y. Esta designação deve-se ao facto de que o *design* gráfico da letra Y dar a ideia de dois traços que se unem num ponto e que se prolonga num novo traço, de forma análoga ao *layout* em estudo. Para este formato admite-se a possibilidade de distribuir as fases de duas formas distintas apresentadas na Figura 54 e Figura 55.

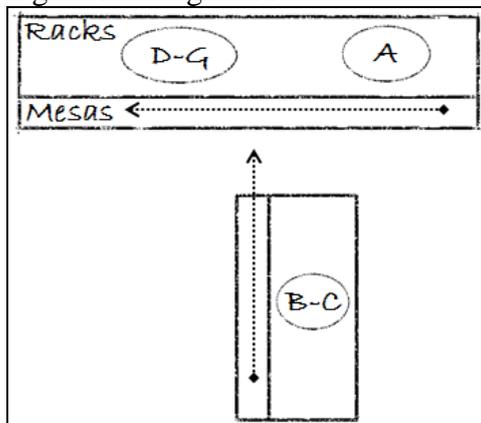


Figura 54 – *Layout* em forma de Y (A adjacente a D, E e G).

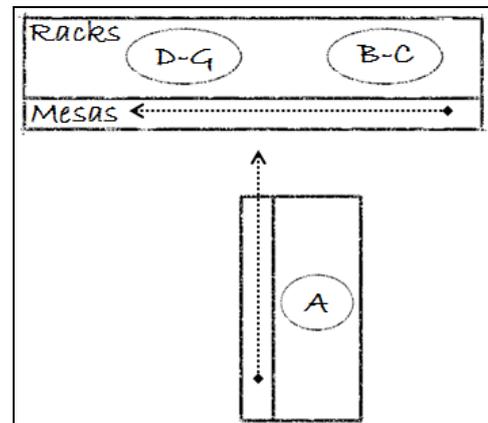


Figura 55 – *Layout* em forma de Y (B e C adjacentes a D, E e G).

Para evitar a movimentação desnecessária de produtos intermédios impõe-se que a montagem da parte de trás do encosto (fase C) só deve ser executada após a montagem do encosto de cabeça (fase B).

Como neste caso as fases de montagem são realizadas de forma encadeada não faz sentido o uso do método RPW (o processo de seleção vai recair quase sempre na situação de uma só possibilidade de escolha de operações). Embora já seja conhecido quase na totalidade a sequência de operações deste formato, é preciso também decidir que parcelas da sequência são abrangidas em cada um dos postos de trabalho. Para além disso importa ainda determinar qual das fases entre a fase de montagem da base e as fases de montagem do encosto fica posicionada de forma adjacente ao segmento da linha que finaliza as restantes fases (selecionar entre os *layouts* da Figura 54 e Figura 55). Com este fim utiliza-se um gráfico *yamazumi* para cada um dos casos (Figura 56 e Figura 57).

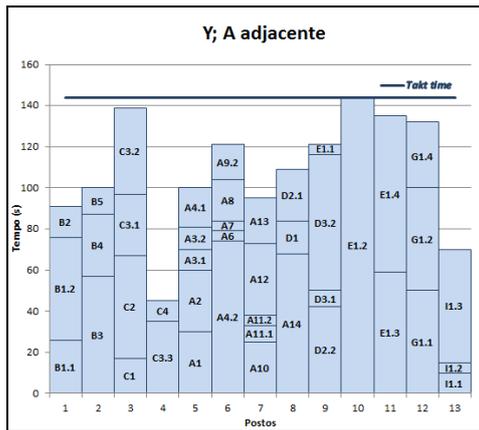


Figura 56 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira *iZi Flex* para a configuração em forma de Y (A adjacente a D, E e G).

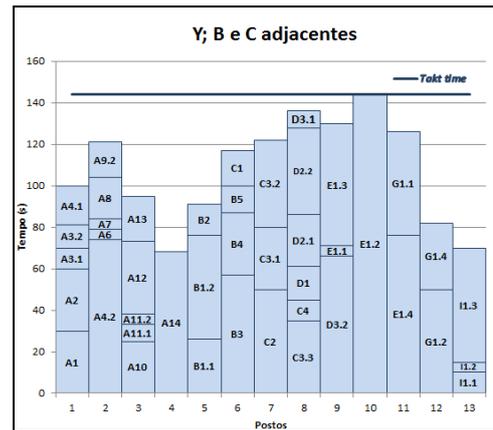


Figura 57 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira *iZi Flex* para a configuração em forma de Y (B e C adjacentes a D, E e G).

Analisando cada um dos balanceamentos conclui-se que o número de postos de trabalho necessários é idêntico em cada um dos casos e igual a 13. Por este motivo o número de postos de trabalho não permite selecionar qual dos dois balanceamentos é mais favorável para o *layout* em forma de Y. Outro critério possível é o do menor peso para o conjunto que se desloca do segmento de linha vertical em baixo para o segmento de linha horizontal em cima. Contudo também este critério não é suficiente para a seleção, pois quer o conjunto da base quer o conjunto do encosto têm uma massa próxima de 2,5 Kg. A forma de seleção vai recair num pormenor de montagem. Como é possível observar a partir dos balanceamentos da Figura 56 e Figura 57, o operador responsável pela junção do encosto à base (posto 8 em ambos os casos) termina primeiramente a montagem do conjunto que lhe é passado pelo operador que se encontra à sua direita (operador do posto 7) e só depois é que vai trazer o outro conjunto já terminado ao segmento vertical em baixo (terminado pelo operador 4) e adicioná-lo ao primeiro conjunto (Figura 58).

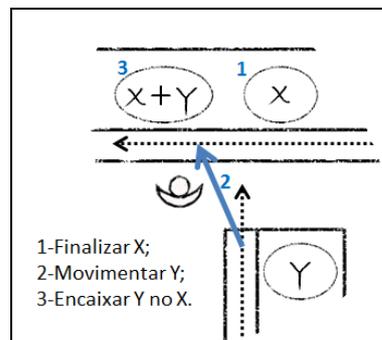


Figura 58 – Forma de junção dos conjuntos base e encosto no *layout* em forma de Y.

Assim é preferível que o conjunto de encosto (fases B e C) se posicione no segmento vertical de baixo pois no momento da junção (fase D) é o encosto que se encaixa sobre a base e não o inverso. Então o balanceamento selecionado é o balanceamento “A adjacente a D, E e G”, pois permite a redução de *muda* em relação à solução alternativa de balanceamento. Todos os posicionamentos referidos são relativos às orientações do *layout* presente na Figura 54 e na Figura 55.

A configuração do *layout* em forma de Y admite ainda a possibilidade de união das mesas do segmento de linha horizontal ao segmento de linha vertical. Para possibilitar a devida comparação, as configurações do *layout* sem mesas unidas e do *layout* com mesas unidas apresentam-se na Figura 59 e Figura 60 respetivamente.

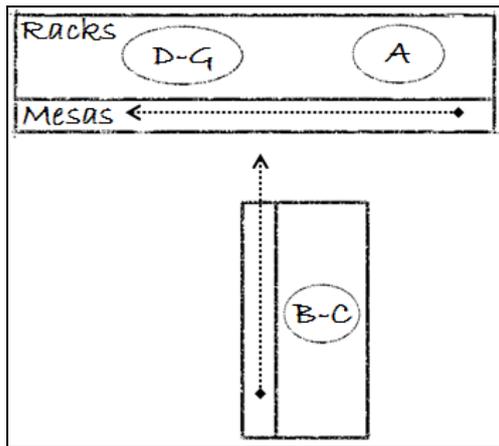


Figura 59 – Layout em forma de Y sem mesas unidas.

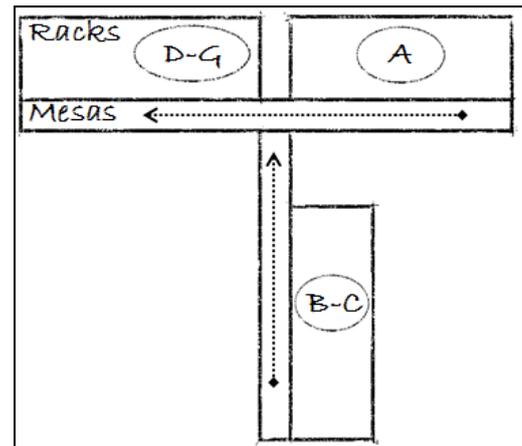


Figura 60 – Layout em forma de Y com mesas unidas.

O layout com união de mesas reduz as movimentações do operador responsável pela junção do encosto ao assento em pelo menos duas viragens de cerca de 90° por cadeira. Todavia esta configuração implica a utilização de um maior comprimento de mesa e da utilização de uma área ligeiramente maior devido ao facto de passar a existir um espaço vazio entre os racks do segmento horizontal pois este é de difícil acesso aos operadores. A área desse espaço vazio tem de ser compensada em área de racks para a esquerda e/ou para a direita desse mesmo espaço. O aumento do espaço dedicado aos racks do segmento horizontal implica o aumento do espaço dedicado às mesas correspondentes e por sua vez a um aumento das movimentações dos operadores. Para além disso o layout com mesas unidas praticamente impede que os operadores do lado esquerdo da mesa posicionada verticalmente possam auxiliar nas tarefas dos operadores do lado direito da mesa e vice-versa. Na realidade esse auxílio de tarefas é possível, mas os operadores têm que executar uma trajetória em torno de todo o segmento vertical ou de todo o segmento horizontal o que é inconcebível numa perspectiva *lean*. O controlo e supervisão tornam-se também mais complicados no caso das mesas unidas dada a dificuldade em acompanhar a montagem completa de uma cadeira. Embora seja difícil concluir qual destas possibilidades de configuração é mais eficiente a nível produtivo sem a realização de testes práticos, admite-se que a situação sem as mesas unidas assume maior importância dada a particularidade da flexibilidade dos operadores que esta permite.

Em relação ao formato em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto, o formato em Y necessita, em geral, de um número maior de postos de trabalho para garantir o balanceamento na ausência de *muri* significativo. Este acréscimo justifica-se devido à separação da montagem das fases da base e do encosto de forma a possibilitar a redução das movimentações dos operadores, a eliminação da variabilidade dos produtos intermédios entregues de posto para posto (redução de *muda* e *mura*) e a simplicidade da visualização do fluxo de produção. Contudo este formato exige a ocupação de uma área vasta e, embora de uma forma menos acentuada do que no formato em forma de linha com montagem simultânea da base e encosto, continua a impor que os operadores estejam muito afastados entre si, nomeadamente o afastamento entre os operadores que iniciam a montagem da cadeira (operador que inicia a fase A e o operador que inicia a fase B) e o operador que termina a montagem (operador que finaliza a fase G). Este afastamento é inimigo da flexibilidade dos operadores. Tal afastamento também prejudica no controlo do processo, pois para o caso das linhas de montagem da Polisport Plásticos S.A., o operador que se finaliza a parte da montagem é o operador responsável pelo registo das cadeiras e o que tem acesso mais privilegiado às OF, sendo o operador com mais responsabilidade no controlo da linha.

C. Layout em forma de duas linhas paralelas

Uma terceira opção é a disposição do *layout* em duas linhas paralelas. Esta disposição deriva do formato em Y ao qual é adicionado um posto de trabalho (Figura 61) que promove o fluxo de produção em forma de duplo U. Os postos onde ocorre a montagem da fase B são agora colocados segundo uma linha horizontal de forma a reduzir a área ocupada pelo *layout*. Considera-se ainda que a fase B deve ficar no segmento inferior e que as mesas são separadas dada a explicação apresentada para o *layout* em forma de Y. A presença da fase A e, simultâneo nas duas linhas paralelas, tal como é observado na Figura 61 significa que as operações desta fase se iniciam na linha de baixo e terminam na linha de cima.

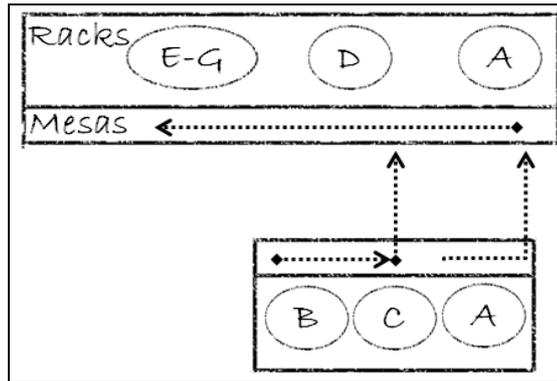


Figura 61 – Layout em duas linhas paralelas.

Esta distribuição segue o balanceamento das tarefas apresentado na Figura 62.

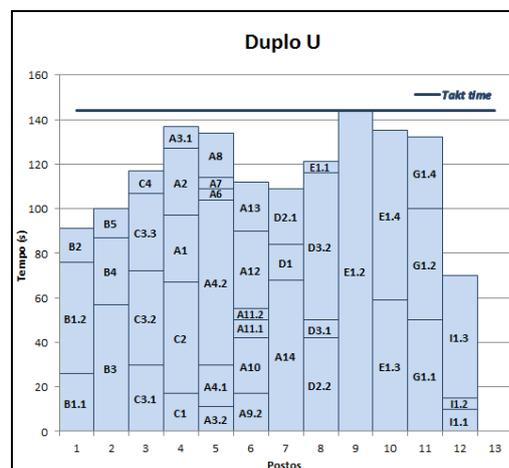


Figura 62 – Balanceamento das tarefas da montagem da cadeira *iZi Flex* para a configuração em forma de duas linhas paralelas.

Sendo necessário 12 postos de trabalho para se garantir a produção de 25 cadeiras por hora.

Este formato destaca-se pelo aproveitamento da área ocupada, pela simplicidade da visualização e do controlo do fluxo de produção. Porém, o ponto de maior realce deste formato é a sua capacidade de adaptação a operar, para além do fluxo em forma de duplo U, com fluxo em forma de U ou a funcionar como fluxo em forma de H. Contudo é de referir que o *layout* em forma de duas linhas paralelas implica mais deslocações do que o *layout* em forma de Y.

4.4.4 Seleção do layout a propor

O *layout* selecionado é o *layout* em forma de duas linhas. O principal motivo da seleção é a flexibilidade que este *layout* proporciona, podendo funcionar como configuração em forma de

H quando o número de postos de trabalho o justifica e operar através de um fluxo em forma de U o que é interessante para o caso da montagem da cadeira *iZi Plus*.

Para uma melhor compreensão da funcionalidade de operar em dois tipos de fluxos distintos, efetua-se agora um estudo mais aprofundado acerca das movimentações e sensibilidade de cada um.

Na Figura 63 e na Tabela 6 observa-se a indicação e contabilização dos movimentos significativos do formato em duas linhas paralelas a operar segundo um fluxo em forma de duplo U.

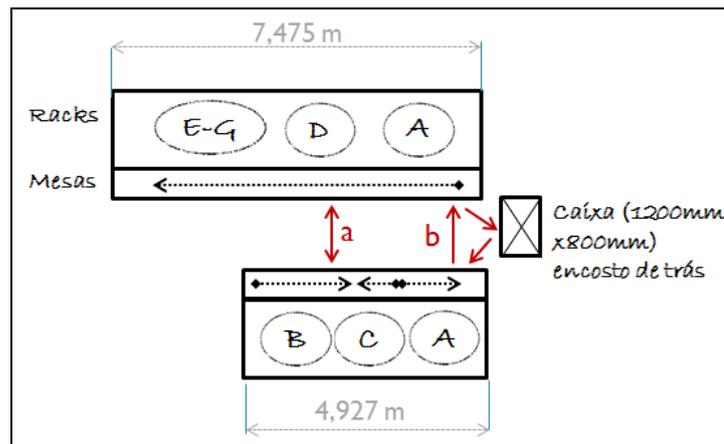


Figura 63 – Movimentações significativas do fluxo em forma de duplo U.

Tabela 6 – Contabilização dos movimentos significativos do fluxo em duplo U.

Mov.	Definição	T (s)	Qt.	Definição	T (s)	Qt. (m)	Definição	T (s)	Qt.	Total (s/cad)	Total (s/cad)
a	Virar	0,9	2	Andar	0,9	4				5,4	13,86
b	Virar	0,9	3	Andar	0,9	4	Agachamento	2,16	1	8,46	

Valores de tempo tabelados no anexo E. Foi ainda considerando que uma viragem do corpo corresponde a um passo que, por sua vez, corresponde a um metro.

Neste caso considera-se os movimentos do operador a transportar o encosto da linha de baixo para a linha de cima e seu regresso (a) e do operador a transportar a base da linha de baixo para a linha de cima e seu regresso trazendo o encosto de trás (b).

Na Figura 64 e Tabela 7 observa-se a indicação e contabilização dos movimentos significativos do formato em duas linhas paralelas a operar segundo um fluxo em forma de H.

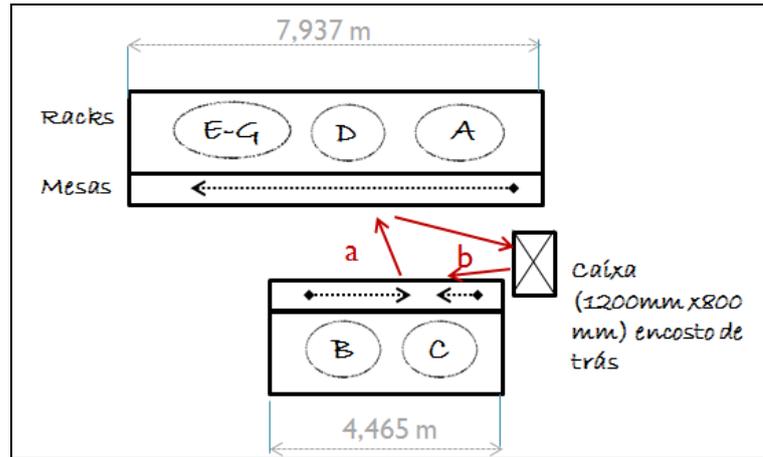


Figura 64 – Movimentações significativas do fluxo em forma de H.

Tabela 7 – Contabilização dos movimentos significativos do fluxo em forma de H.

Mov.	Definição	T (s)	Qt.	Definição	T (s)	Qt. (m)	Definição	T (s)	Qt.	Total (s/cad)	Total (s/cad)
a	Virar	0,9	1	Andar	0,9	2				2,7	10,26
b	Virar	0,9	2	Andar	0,9	4	Agachamento	2,16	1	7,56	

Neste caso considera-se os movimentos do operador a transportar o encosto da linha de baixo para a linha de cima e seu regresso (a) trazendo o encosto de trás (b).

A variação de comprimentos das linhas detetável na Figura 63 e Figura 64 deve-se ao deslocamento de parte de um rack (correspondente a um carrinho que transporta peça *isofix*) da linha de baixo para a linha de cima.

Na Figura 65 observa-se os novos balanceamentos de cada uma das situações de fluxo, para o caso dos tempos atuais da produção piloto e para o caso exemplo de se considerar uma diminuição de 30% em todos os tempos de operações (exceto a operação de colocação dos botões do encosto que já resulta de uma estimativa e dos movimentos significativos, uma vez que são tabelados). A vermelho encontram-se assinalados os movimentos significativos. Na Tabela 8 encontra-se a indicação do número de postos de trabalho necessários para os casos dos balanceamentos efetuados na Figura 65.

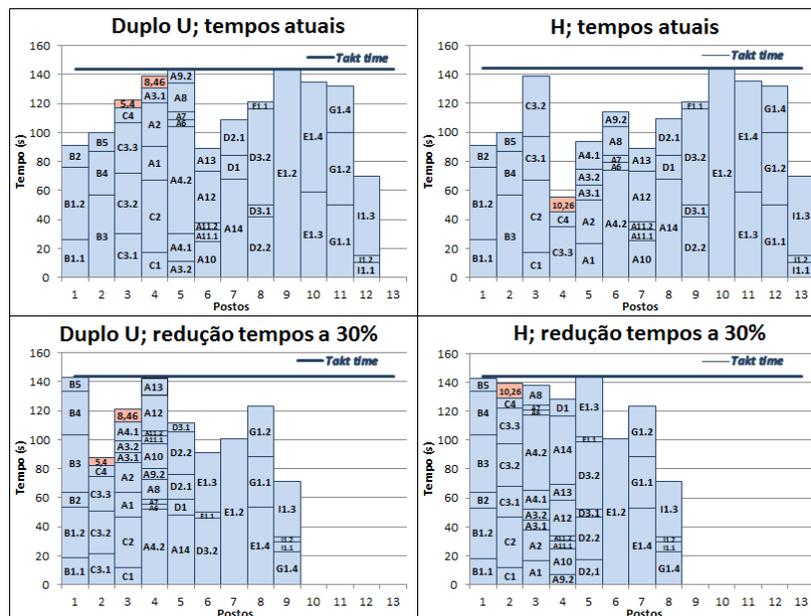


Figura 65 – Balanceamentos do formato em duas linhas paralelas para o caso dos tempos atuais e para o caso de se considerar uma melhoria global de 30% nos tempos das operações.

Tabela 8 – Número de postos de trabalho necessários no formato em duas linhas paralelas para o caso dos tempos atuais e para o caso de se considerar uma melhoria global de 30% nos tempos das operações.

	Postos de trabalho necessários	
	(Tempos atuais)	(Redução tempos 30%)
Duplo U	12	9
H	13	8

Esta análise de sensibilidade da redução dos tempos em 30% permite concluir que embora o caso do fluxo em H apresente um tempo total em operações e movimentações inferior ao do fluxo em duplo U, o fluxo que possibilita a minimização da necessidade de postos de trabalho depende das considerações efetuadas no balanceamento e da constante variação dos tempos das operações. Neste caso, para o caso dos tempos atuais o fluxo em duplo U permite um menor número de postos de trabalho, em contraste com o caso da redução de tempos em 30% onde o fluxo em H é mais favorável para a redução do número de postos de trabalho.

4.4.5 Dimensionamento do bordo de linha

Após a seleção do *layout* procedeu-se ao dimensionamento do bordo de linha de forma a possibilitar a constante disponibilidade dos componentes para a montagem da cadeira.

O dimensionamento do bordo de linha está diretamente relacionado com o embalamento dos componentes. Perspetivando a produção de 25 cadeiras *iZi Flex* por hora, e sabendo que a linha é abastecida aproximadamente de 30 em 30 minutos, calcula-se a quantidade que o bordo de linha deve conseguir armazenar no mínimo, para cada componente (Equação (4.4)).

$$n^{\circ} \text{ de componentes} = 25 \text{ cad} / h \times \frac{30 \text{ min}}{60 \text{ min} / h} = 12,5 \text{ componentes} \quad (4.4)$$

O que significa que por cada componente necessário na montagem de uma cadeira deve ser possível armazenar 12,5 componentes correspondentes no bordo de linha. Por exemplo para o caso dos rolamentos reclinados, como para cada cadeira são necessários quatro, então no bordo de linha deve haver no mínimo 50 correspondentes (Equação (4.5)). Já para o caso da parte inferior da base, como apenas é utilizada uma em cada cadeira, então é necessário armazenar 13 no bordo de linha (Equação (4.6)).

$$n^{\circ} \text{ de rolamentos} = 12,5 \times 4 = 50 \text{ rolamentos} \quad (4.5)$$

$$n^{\circ} \text{ de bases} = 12,5 \times 1 = 12,5 \approx 13 \text{ bases} \quad (4.6)$$

Contudo este fator multiplicativo de 12,5 deve ser excedido de modo a possibilitar o aumento da taxa de produção caso esta variação seja relevante. Considera-se então a possibilidade da taxa de produção aumentar em 20% o que corresponde a uma quantidade de armazenamento necessária de componentes de uma dada referência no bordo de linha de 15 por cada componente da mesma referência necessário na montagem de cada cadeira.

A partir das dimensões de cada componente selecionou-se o contentor mais adequado para a sua contentorização de forma a maximizar o aproveitamento do espaço. Por sua vez, as dimensões dos contentores escolhidos definiram as dimensões do bordo de linha a usar.

O componente da cadeira *iZi Flex* de maior dificuldade de contentorização é a parte de trás do encosto devido às suas dimensões muito elevadas. Por esse motivo este componente não é colocado nos *racks* sendo contentorizado num contentor à parte colocado no chão e de dimensões 1200×800×900 (mm).

Os contentores selecionados para os restantes componentes de grandes dimensões foram caixas plásticas empilháveis de norma europeia. Estas caixas para além de seguirem tamanhos

padronizados e de possuírem a capacidade de se empilharem umas nas outras apresentam elevada resistência ao choque e à deformação devido às nervuras de reforço que possuem. Estas caixas possuem as possibilidades de dimensionamento que se apresentam na Tabela 9.

Tabela 9 – Dimensionamento das caixas empilháveis de norma europeia (Manutan 2017).

Comprimento ×largura (mm)	Altura (mm); carga máxima (kg)						
	200×150	120; 5					
300×200	120; 10	220; 10					
400×300	65; 10	120; 15	170; 15	220; 20	270; 20	325; 20	
600×400	75; 15	120; 15	170; 20	220; 20	280; 20	325; 20	425; 20
800×600	120; 40	220; 40	325; 40	425; 40			

O componente mais pesado que se estima ser contentorizado através deste tipo de embalagem é a parte inferior do assento que tem de massa 0,521 kg. Apenas é necessária uma unidade deste componente por cada cadeira a ser montada. Mesmo que sejam embalados 15 destes componentes na mesma caixa, a massa total do conjunto perfaz os 7,815 kg. Os amortecedores pré-montados são contentorizados aos pares (esquerdo mais direito), sendo que cada par tem uma massa de, aproximadamente, 0,414 kg. O mesmo acontece com os EPS laterais de encosto que no seu conjunto têm uma massa inferior a 0,05 kg. Para todos os restantes componentes contentorizados com este tipo de caixa a necessidade é de apenas um por cada cadeira *iZi Flex* a ser montada. Uma vez que não se visa a utilização da caixa de 200×150 (comprimento×largura) para a contentorização destes componentes, pode-se assegurar que o critério do limite da carga máxima das caixas é sempre respeitado. Esta conclusão advém do facto de que se para o caso mais extremo de se colocar o conjunto de 15 partes inferiores do assento de massa 7,815 kg numa caixa de carga máxima de 10 kg o critério é respeitado, então para todos os outros casos o mesmo critério se verifica.

Para os componentes de menor dimensões propõe-se a utilização de caixas-gaveta da série RK em polipropileno. Estas caixas, para além de empilháveis, permitem a inserção de divisórias na própria caixa de modo a que esta seja usada para mais do que um SKU. Estas caixas possuem as possibilidades de dimensionamento que se apresentam na Tabela 10.

Tabela 10 – Dimensionamento das caixas-gaveta da série RK (Manutan 2017).

Comprimento ×largura (mm)	Altura (mm); carga máxima (kg)		Comprimento ×largura (mm)	Altura (mm); carga máxima (kg)	
	300×117	90; 2			300×234
400×117	90; 3		400×234	90; 6	140; 10
500×117	90; 4		500×234	90; 8	140; 13
600×117	90; 5		600×234	90; 10	140; 15

Por motivos ergonómicos, de forma a facilitar o acesso dos operadores aos componentes presentes nas caixas-gavetas, impõe-se que se use apenas as caixas-gaveta de 300 mm de comprimento e que estas sejam divididas no máximo em 3 compartições.

Na situação extrema, na mesma caixa-gaveta encontrar-se-iam contidos todos os parafusos, bloqueios de *isofix* e rolamentos inclinados necessários para a montagem de 15 cadeiras. Nessa situação a massa total do conjunto é de, aproximadamente, 1,60 kg. De forma análoga à situação das caixas empilháveis de norma europeia garante-se que o critério do limite da carga máxima das caixas-gaveta é respeitado. A explicação do cálculo da massa do conjunto apresenta-se no anexo N.

O bordo de linha projetado encontra-se adaptado para alguns componentes, nomeadamente os componentes em forma de H ou em forma de U como é o caso da aba do assento e do conjunto pré-montado do manípulo reclinado, para que estes sejam diretamente colocados nos *racks* na ausência de contentores (Figura 66).

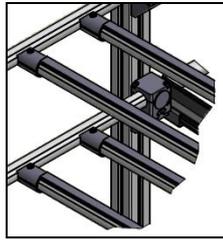


Figura 66 – Pormenor da forma de abastecimento aos operadores dos componentes aba do assento e conjunto pré-montado do manípulo reclinado. Os veios dos *racks* encontram-se adaptados ao formato e dimensionamento dos componentes que suportam.

Especificamente para o caso do componente *isofix*, este é abastecido através de um carrinho móvel, independente e também ele adaptado ao formato em U do componente para que, através da deslocação do carrinho se permita converter o fluxo em forma de duplo U para o fluxo em forma de H e vice-versa.

Esta forma de abastecimento de retirar o componente diretamente do *rack*, permite a redução dos tempos relativos ao pegar nos componentes pela parte dos operadores de montagem em relação ao sistema mais recorrente de retirar os componentes dos contentores. Esta redução deve-se a vários fatores: o componente a retirar do *rack* encontra-se sempre na mesma posição, não é necessário retirar e retornar o contentor quando este fica vazio e não é necessário que o componente venha envolvido num saco de plástico (eliminando os tempos de retirar o componente do saco de plástico e de guardar o saco). Os sacos deixam de ser necessários devido a dois motivos: a composição do material dos veios de abastecimento dos componentes possui uma percentagem de borracha que não deve permitir que os componentes fiquem riscados e mesmo na possibilidade dos componentes ficarem riscados, os riscos ficaram na parte interior dos componentes não sendo visíveis na cadeira após a sua montagem, contrariamente ao que aconteceria se fossem abastecidos em contentores onde os riscos tanto ocorrem na parte interior como na parte exterior dos componentes devido ao contacto entre componentes.

A partir da cronometragem e da observação dos casos de utilização semelhantes estimou-se as reduções de tempo (Tabela 11) da sua aplicação.

Tabela 11 – Redução de tempos devidos ao bordo de linha adaptado aos componentes.

Componente	T (s)	Total (s/cad)
<i>Isofix</i>	6,5	19,5
Conjunto manípulo reclinado	7,0	
Aba do assento	6,0	

Os perfis de alumínio dos *racks* permitem com alguma facilidade deslocar as calhas e as mesas para cima ou para baixo de acordo com os dimensionamentos necessários. Os *racks* possuem rodas de forma a flexibilizar a variação da sua disposição no *layout* de montagem da empresa. Para além disso, todos os *racks* possuem iluminação própria de forma a otimizar o trabalho que é realizado nas mesas. Para todos os contentores, existe nos *racks* respetivamente um local de abastecimento aos operadores e um local de retorno correspondentes, expeto o caso do contentor de grandes dimensões colocado no chão. Os locais de abastecimento aos operadores são predominantemente colocados acima do nível das mesas de forma a facilitar os operadores de montagem relativamente à tarefa de retirar os componentes dos *racks*. Por consequência, os locais de retorno são maioritariamente colocados abaixo do nível das mesas.

Nos casos excepcionais em que o abastecimento é feito por baixo da mesa, esse andar não acompanha na totalidade a profundidade da mesa (Figura 67) de modo a que não haja o contato entre as pernas dos operadores e as caixas do rack.

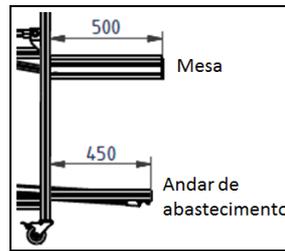


Figura 67 – Pormenor da diferença entre a profundidade da mesa e do andar de abastecimento para as situações em que o abastecimento é feito abaixo da mesa.

Os locais de abastecimento aos operadores da montagem nunca se encontram a uma altura acima de 1,5 m de forma a possibilitar o acesso dos operadores de estrutura mais baixa. As duas mesas onde se realiza o final do processo de montagem possuem uma altura mais baixa do que as restantes porque nestas mesas estima-se trabalhar com as cadeiras com o encosto na posição em pé (cadeira na posição em L para quem a vê de lado). Com este desnível de altura das mesas compensa-se a variação de altura que ocorre entre trabalhar a cadeira estando o encosto deitado e trabalhar com a cadeira estando o encosto em pé. De referir que nestas mesas realizam-se as atividades de colocação de estofos, realização de testes e colocação de *stickers* e etiquetas. As três mesas onde se realiza o final do processo apresentam uma profundidade superior às das restantes pois prevê-se nestas mesas trabalha-se com um produto intermédio de maiores dimensões uma vez que é na antepenúltima mesa onde se realiza a tarefa de encaixe do encosto da cadeira à respetiva base.

O dimensionamento do bordo de linha proposto encontra-se no anexo O.

4.4.6 Documentação do modo de utilização da linha para o modelo *iZi Flex*

De forma a aprofundar o estudo do funcionamento da nova linha e a padronizar o modo da sua utilização são efetuados os diagramas de esparguete teóricos da cadeira *iZi Flex* quer para o fluxo em forma de H quer para o fluxo em forma de duplo U (anexo P) tal como uma matriz de responsabilidades (anexo Q) aplicável aos operadores de montagem num fluxo em duplo U para o caso dos tempos atuais com produção a 25 cadeiras por hora.

4.4.7 Adaptação da linha à montagem do modelo *iZi Plus*

Propõe-se a utilização do *layout* em duas linhas paralelas para a produção da cadeira *iZi Plus* da forma como é apresentada na Figura 68.

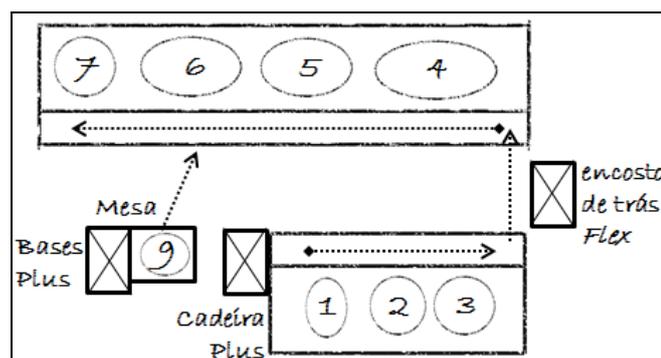


Figura 68 – *Layout* em duas linhas paralelas aplicado à montagem da cadeira *iZi Plus*.

O posto 9 corresponde à montagem da base. Após a sua montagem ela é movimentada para a proximidade do posto 6 onde o operador monta a cadeira na base. O posto 8 não representado na Figura 68 corresponde ao embalamento que, tal como na montagem da cadeira *iZi Flex*, se situa após o posto responsável pela realização de testes na cadeira.

À exceção do posto 9, todos os restantes funcionam com fluxo em forma de U. A principal relevância desta configuração é a possibilidade de ausência de *setup* na mudança de configuração da montagem da cadeira *iZi Plus* para a cadeira *iZi Flex* e vice-versa (todas as *racks*, mesas e caixas podem permanecer no mesmo local).

O diagrama de esparguete teórico da cadeira *iZi Plus* encontra-se no anexo R.

Os dois *racks* onde se encontram os postos 1 e 2 da *iZi Plus* são nivelados e compridos de forma a possibilitarem quer o posicionamento das grandes caixas que armazenam as peças do encosto e os EPS da cadeira *iZi Flex* quer as grandes caixas que armazenam os EPS da cadeira *iZi Plus* que são montados pelo operador no posto 2. De fazer referência que os EPS da cadeira *iZi Plus* são abastecidos em caixas de cartão de 0,8 m por 1,2 m de base. Os *racks* dos postos 5 e 6 da *iZi Plus* apresentam características semelhantes pois são usados para a colocação dos estofos nas cadeiras. No posto 6 existe um local onde não há abastecimento acima do nível da mesa. Este local serve para possibilitar a existência de espaço para a rotação na cadeira quando esta é colocada num suporte, na montagem da cadeira *iZi Plus*. A rotação da cadeira no suporte facilita a colocação de pequenas peças que visam ligar a cadeira à sua base.

4.4.8 Resultados esperados com a implementação do novo formato

O investimento no novo *layout* é orçamentado pelo fornecedor em 15000 € (este valor não inclui os custos da paragem do funcionamento de linhas e mudanças na disposição do *layout* da produção, implícitas quando for feita a implementação do *layout*, valores esses que são considerados desprezáveis).

Os resultados esperados com implementação do novo *layout* são possíveis de ser analisados de várias formas. Como comparação utiliza-se o *layout* usado na produção piloto como situação inicial e o novo *layout* como o *layout* proposto.

Os movimentos significativos na *iZi Plus* não sofrem alterações de realce uma vez que a movimentação do produto intermédio entre linhas no novo formato é compensada pela inexistência da movimentação para o *rack* que abastece os EPS por trás dos operadores na montagem da *iZi Plus* que existia no formato inicial. Assim, considera-se a sua montagem não sofre alterações em termos de tempo.

Para o cálculo do tempo despendido em *setup* considera-se que as movimentações da configuração *iZi Flex* para a configuração *iZi Plus* são semelhantes e que gastam o mesmo tempo que as movimentações inversas. Considera-se que a cada 20 horas de montagem se efetua um *setup*, que durante o *setup* toda a produção da linha se encontra parada e que a proporção de cadeiras a fabricar da *iZi Plus* é semelhante à da *iZi Flex*. No formato inicial é necessário remover o contentor que abastece as partes de trás do encosto da *iZi Flex* e colocar a mesa onde é montada as bases da *iZi Plus* quando se efetua *setup* de passagem de configuração *iZi Flex* para a configuração *iZi Plus*, correspondendo a um tempo por cada *setup* de aproximadamente 6 min (6 min da mudança da configuração de *iZi Flex* para *iZi Plus* e 6 min para o inverso), equivalente a 18 segundos de *setup* a cada hora de montagem da *iZi Flex* (Equação (4.7)). No novo formato não existe qualquer *setup*.

$$\text{setuptime} / \text{tempo de montagem} = \frac{(6 \text{ min} + 6 \text{ min}) \times 60 \text{ s} / \text{min}}{20 \text{ h}} = 36 \text{ s setup} / \text{h montagem} \quad (4.7)$$

Numa primeira análise observa-se apenas os tempos totais que cada formato implica gastar para a montagem da cadeira *iZi Flex* e nas movimentações de *setup*. Esta análise não tem em conta o número de postos de trabalho nem a forma como as operações são distribuídas pelos postos de trabalho. Contudo esta forma de analisar os resultados pode ser relevante para se ter uma visão geral dos resultados que não é afetada pela forma como os balanceamentos variam ao longo do tempo.

Na Tabela 12 observa-se o *throughput time* de uma cadeira *iZi Flex* para o *layout* inicial (*layout* da produção piloto) e para cada um dos fluxos possíveis do novo *layout*. Na Tabela 12 apresenta-se também o tempo de *setup* em movimentações de *racks* e mesas, por hora de montagem e para cada uma das configurações.

Tabela 12 – *Throughput time* e *setup time* em movimento de mesas e *racks* do formato inicial e do novo formato.

	Formato inicial	Novo formato	
		Duplo U	H
Throughput time (s)	1427,92	1396,36	1392,76
Setup time (s/h de montagem)	18	0	0

De onde se conclui que o novo formato com fluxo em forma de H permite a maior redução de tempos, nomeadamente 35,16 segundos na montagem da cada cadeira *iZi Flex* e de 18 segundos por hora de montagem em *setup*, em relação ao formato inicial.

Outra forma de análise possível é através dos balanceamentos efetuados com os tempos cronometrados e que obedecem a imposição da produção mínima de 25 cadeiras por hora.

Na Figura 69 observa-se o balanceamento das operações no formato inicial e na Figura 70, o balanceamento segundo o novo formato.

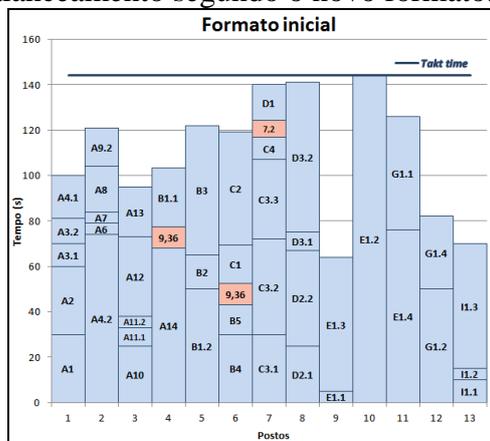


Figura 69 – Balanceamento do formato inicial, fixando a taxa de produção mínima em 25 cad/h.

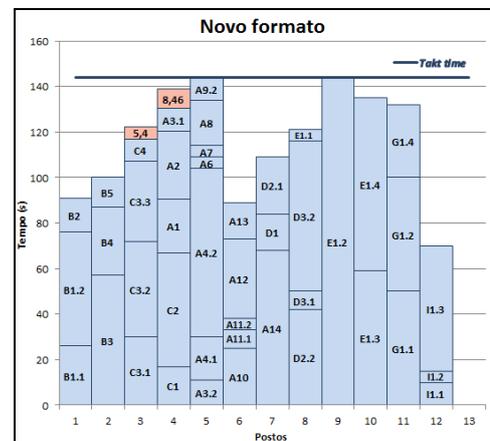


Figura 70 – Balanceamento do novo formato, seguindo o fluxo em forma de duplo U e fixando a taxa de produção mínima em 25 cad/h.

Com estes balanceamentos observa-se que o novo formato permite a redução de um posto de trabalho. A redução de um posto de trabalho mais a eliminação de tempos de *setup* permitem ganhos de aproximadamente 11625 €/ano, recuperando o investimento em um ano e quatro meses. Os cálculos efetuados apresentam-se no anexo S.

Contudo esta análise não permite ainda valorizar a flexibilidade do novo formato que permite aos operadores de montagem em ajudar os colegas que se situam atrás de si. Esta capacidade é específica dos formatos em forma semelhante a U, como é o caso do novo formato, mas inexistente nos formatos em linha.

Considera-se agora o caso de que na linha apenas atuam 9 operadores para a montagem e embalagem da cadeira *iZi Flex*. Neste caso procura-se maximizar a taxa de produção o que só é possível reduzindo o tempo do *bottleneck* da linha.

Na possibilidade, no novo formato, de auxílio dos colegas que se encontram atrás, o balanceamento dos dois formatos é o que se apresenta na Figura 71 e na Figura 72.

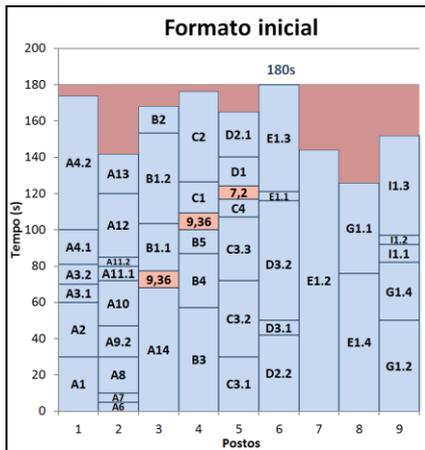


Figura 71 – Balanceamento do formato inicial, fixando o número de postos de trabalho em 9.

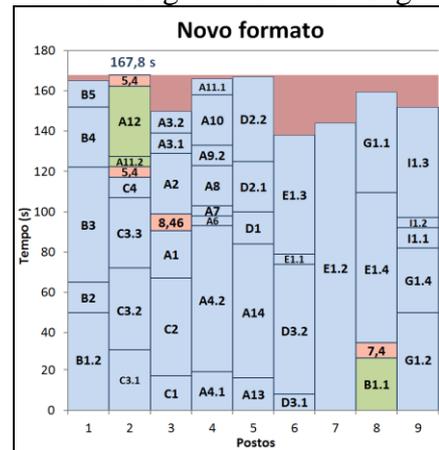


Figura 72 – Balanceamento do novo formato, seguindo o fluxo em duplo U e fixando o número de postos de trabalho em 9.

Na Figura 72, as operações que se encontram a verde resultam da possibilidade de auxílio referida.

A partir da análise dos balanceamentos observa-se que o tempo do *bottleneck* no formato inicial é de 180 segundos enquanto no novo formato é de 167,8 segundos.

Estes tempos de *bottleneck* correspondem a taxas de produção de 20 e 21,5 cadeiras por hora, respetivamente (Equação (4.8) e Equação (4.9)).

$$\text{taxa de produção no formato inicial} = \frac{1 \text{ cad}}{180\text{s}} \times 3600\text{s/h} = 20 \text{ cad/h} \quad (4.8)$$

$$\text{taxa de produção no novo formato} = \frac{1 \text{ cad}}{167,8\text{s}} \times 3600\text{s/h} = 21,45 \text{ cad/h} \quad (4.9)$$

A eliminação do *setup* no que diz respeito a movimento de mesas e *racks* mais o acréscimo da taxa de produção permite ganhos de cerca de 9000 €/ano, compensando o investimento em um ano e oito meses (cálculos realizados no anexo S).

A matriz de responsabilidades do novo formato para o caso dos 9 postos encontra-se no anexo T.

Para além destes ganhos é ainda de fazer referência que as mesas do novo bordo de linha são de madeira com revestimento de borracha que deve permitir, em comparação às atuais mesas em aço, aumentar a qualidade, reduzindo a probabilidade de ocorrência de riscos e empenamentos nos produtos montados.

4.5 Outras propostas de melhoria gerais

No anexo U são apresentadas propostas de melhoria relativas aos potenciais problemas identificados no capítulo 3. Estas melhorias aplicam-se não só no setor da montagem, mas também a todas as restantes fases envolvidas na produção.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

5.1 Conclusão

Para a montagem de um determinado equipamento que envolva uma quantidade significativa de operações é imprescindível o suporte de uma linha física adequada que garanta simultaneamente uma base para que se sejam realizados os encaixes, fixações e ajustes implícitos no processo e um espaço adaptado para a disponibilização eficiente dos componentes com os quais se efetua a montagem, o bordo de linha.

Dois dos pontos mais cruciais da definição de uma linha correspondem às suas dimensões e à forma como esta é disposta. As atividades correspondentes, dimensionamento de linha e desenho de *layout* de linha respetivamente, devem ser executadas de acordo com as características e forma de montagem dos equipamentos que se idealiza montar na linha e com os objetivos da produção.

Com esse intuito foi realizada, no decorrer da presente dissertação, uma análise à cadeira de bebé *iZi Flex* que nunca tinha sido produzida na empresa. Dessa análise conclui-se que a cadeira *iZi Flex* é constituída por componentes que podem ser categorizados da seguinte forma:

- Um componente de dimensões muito grandes, designado por parte de trás do encosto, que devido às suas dimensões não pode ser abastecido diretamente nos *racks*, tendo que ser abastecido num contentor pousado no chão como forma alternativa;
- Componentes que podem ser abastecidos em caixas colocadas nos *racks*;
- Componentes que devido ao seu formato podem ser diretamente abastecidos em *racks* adaptados ao seu formato, como são os casos do *isofix*, aba do assento e conjunto do manípulo reclinado.

Da análise efetuada infere-se ainda que o sequenciamento de montagem segue a forma de um Y, convergindo aquando a junção do encosto da cadeira ao seu assento. Com esta constatação deduz-se que o *layout* mais adequado também deve seguir um formato que possibilite que o local da junção esteja simultaneamente próximo dos dois locais que finalizam os produtos intermédios necessários à junção.

Apesar da extrema importância dos pontos referidos, a definição de uma linha de produção é supérflua se não tiver em conta o elemento principal de um processo produtivo, o elemento humano. Este preceito assume uma importância mais significativa nos processos de montagem, onde as operações são maioritariamente manuais, como é o caso em estudo. Quando da projeção de um bordo de linha é essencial ter em conta os aspetos ergonómicos como são os casos específicos de não deixar que haja contato incomodativo entre as caixas e as pernas dos operadores, ter em conta que a superfície das mesas deve possibilitar a execução não condicionada das operações e ser adequada às dimensões dos componentes, devem existir pontos de abastecimento e pontos de retorno, todos os pontos de abastecimento e retorno do

bordo de linha devem estar situado a uma altura apropriada aos operadores, não estando demasiadamente altos e todos os postos devem estar adequadamente iluminados.

Para além do fator ergonómico é também fundamental o estudo do número de operadores a aplicar numa linha produtiva. O número de trabalhadores envolvidos no processo produtivo da linha influencia a cadência de produção. Contudo esta relação entre número de operadores da linha e a taxa de produção não é uma relação direta. Isto acontece porque embora na teoria seja exequível analisar o caso nas condições perfeitas, onde todos os operadores demoram exatamente o mesmo tempo a executar as suas operações, a sua transposição integral para a prática é impossível. Causas como a grande variabilidade quer na dificuldade de cada uma das operações a realizar num processo quer nos ritmos de adaptação e execução das operações de cada um dos operadores, implicam a existência de desníveis de tempo operativos ao longo de cada um dos elementos da linha. Por outras palavras, na prática, existe um operador que no seu posto de trabalho respetivo irá demorar mais tempo a realizar as operações do que os restantes, sendo designado por *bottleneck*. Estas variações de tempo, nomeadamente entre o tempo do *bottleneck* e os restantes postos, correspondem a fontes de improdutividade e são assinaladas pela filosofia *lean* como *muda*, pois existe tempo que não se encontra a ser aproveitado, *mura* dado que há a necessidade de mudanças de velocidade e das quantidades de trabalho para se eliminar as acumulações intermédias de *stock* e por vezes *muri* quando as diferenças de quantidade de trabalho implicam intensidades de trabalho excessivas a alguns operadores.

Segundo a filosofia *lean* existem atividades especificadas como atividades sem acréscimo de valor. Numa linha produtiva as de maior realce são as movimentações efetuadas pelos operadores. Estas atividades correspondem a *muda*, sendo uma boa prática a sua redução ou eliminação sempre que possível.

A nova linha projetada pretende atuar exatamente nestes aspetos. Ela permite a redução das movimentações sobretudo através da eliminação da necessidade do tapete rolante. O formato em duas linhas paralelas da nova linha não só permite corresponder à necessidade de um fluxo que implica a junção dois produtos intermédios, mas também promove a flexibilidade dos operadores, uma vez que se encontram mais próximos entre si. Esta flexibilidade traduz-se num balanceamento menos desnivelado e por sua vez em resultados produtivos mais apelativos.

No caso da presente dissertação e em relação à produção da cadeira *iZi Flex*, observa-se que o conjunto do decréscimo das movimentações mais o aumento da flexibilidade proporcionado pelo novo formato, permite a redução de um posto de trabalho, no caso de se fixar a taxa de produção em 25 cadeiras por hora, e permite a redução de 12,2 segundos do tempo de operação do *bottleneck*, no caso de se admitir o valor fixo de 9 operadores de montagem na linha.

Contudo devido à constante variação das necessidades e requisitos dos consumidores é indispensável a produção em grande diversidade. De forma a corresponder a este tipo de produção é vantajoso a criação de linhas flexíveis nas quais se possam produzir diferentes produtos. No caso da presente dissertação procura-se que a linha de montagem da cadeira *iZi Flex* seja adaptável à montagem de outras cadeiras já produzidas na empresa, exemplificadas pela cadeira *iZi Plus*. No novo formato observa-se a possível adaptação para a montagem num fluxo em forma de U da cadeira *iZi Plus*.

Quando uma linha de produção é utilizada para o fabrico de mais do que um produto é relevante analisar o tempo que decorre entre a finalização da produção de um tipo de produto e a inicialização da produção de um outro tipo de produto. Durante este tempo, designado por *setup time*, ocorre a mudança da configuração da linha, adaptando-a de forma a produzir o produto seguinte. No caso da mudança de configuração da linha da produção da cadeira *iZi Flex* para a produção da cadeira *iZi Plus* no novo formato o valor do tempo de *setup* é

considerado zero uma vez que não é necessário mover mesas, *racks*, tapetes rolantes nem caixas de grandes dimensões. Em valor nulo é uma melhoria significativa em relação aos 6 minutos de tempo de *setup* do formato inicial. O mesmo se verifica para a situação inversa onde se regressa à produção da cadeira *iZi Flex*.

Os produtos a ser montados no novo formato de linha são cadeiras de bebê, onde a qualidade de produto assume uma importância primordial dada as fragilidades físicas dos utilizadores a que se destinam. Uma das principais ferramentas de identificação e prevenção de defeitos de um processo é o FMEA. Observando o FMEA realizado conclui-se que as potenciais falhas número de prioridade de risco mais elevado correspondem a falta de componentes, componentes mal encaixados ou a componentes não conformes abastecidos à linha de montagem. As ações recomendadas centram-se na formação mais eficiente dos operadores e reformulações das instruções para os dois primeiros casos de defeito e a mudança do processo de injeção para o terceiro caso de defeitos. A incorporação de borracha nas mesas projetadas visa também combater ocorrência de defeitos como riscos ou empenos nos produtos.

De reter que, no caso em estudo, a modificação de um *layout* em forma de linha, deficiente no que diz respeito a capacidades de flexibilização dos operadores, para um *layout* em forma de duas linhas que favorece significativamente essa mesma capacidade, perspectiva, de forma sustentada, a recuperação financeira do custo do projeto em menos de dois anos.

Porém, o ponto mais fulcral a concluir do estudo da presente dissertação é que os *layouts* como aquele que foi defendido, visam possibilitar a adaptação à produção de equipamentos com sequências de montagem distintas. Esse conceito é extremamente difícil ou mesmo impossível de se aplicar em *layouts* em forma de linha, onde, e no caso de ser possível, será sempre necessário a utilização de recursos externos exemplificados pelo tapete rolante usado no formato inicial do caso em estudo.

5.2 Trabalhos futuros

Futuramente seria relevante o acompanhamento do arranque da montagem da cadeira *iZi Flex* no novo formato. Este processo inclui atividades como a prévia colocação de etiquetas de identificação do SKU respetivo no bordo de linha, preferencialmente de cores e forma de disposição diferentes consoante o tipo de cadeira a que se referem, reajustes de balanceamento nos primeiros dias de produção, reformulação das instruções de trabalho forma a reduzir os casos de interpretação errada ou incompleta e auxílio na formação dos operadores.

Seria também interessante seguir uma otimização da linha quer a nível ergonómico quer a nível organizativo através da incorporação de locais apropriados para a arrumação de bens pessoais dos operadores e de suporte tanto para as ferramentas usadas como para as instruções dos postos de trabalho.

Outro ponto a explorar é uma forma alternativa ao abastecimento das partes de trás do encosto, componentes que são atualmente abastecidos em contentores de grandes dimensões pousados no chão. Estes componentes apresentam o formato de uma semicircunferência quando vistos por cima e apresentam um orifício circular quer no lado esquerdo quer no lado direito (anexo V). Tendo em conta a forma do componente, uma possibilidade de abastecimento podia passar pela incorporação de um cabide que se encaixaria nos orifícios do componente e o transportava ao longo de um veio onde se colocaria a cabeça do cabide.

Referências

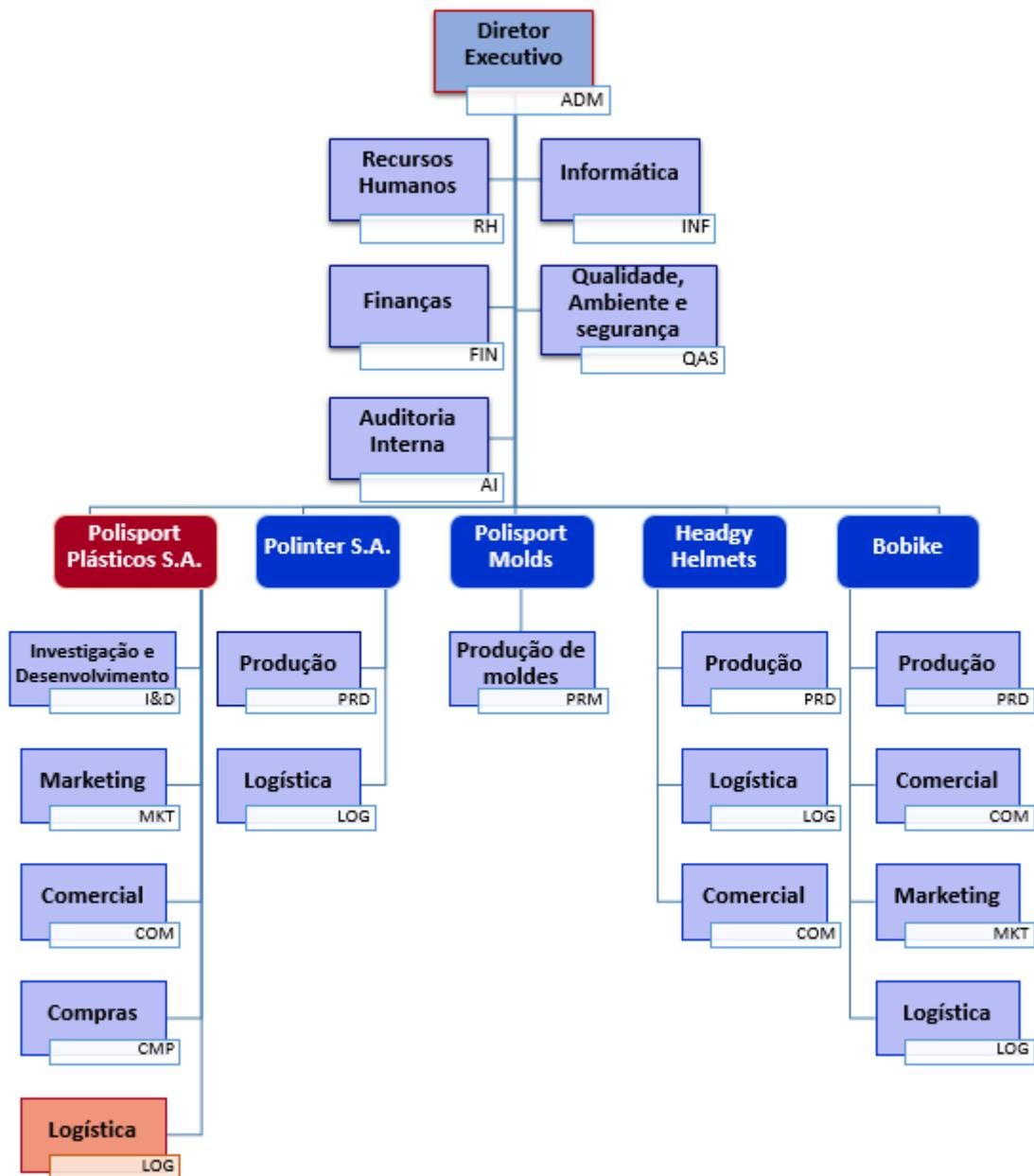
- Assis, Rui. 2017. “Balanceamento de uma Linha de Produção”. Acedido a 21 de abril de 2017. <http://www.rassis.com/artigos/Operacoes/Balanceamento.pdf>.
- Batista, Luís. 2013. “Estabilidade operacional assegurada por metodologias Kaizen Lean na Amorim & Irmãos, SA – UI Champcork.” MS, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Acedido a 22 de fevereiro de 2017. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72693/1/000155493.pdf>.
- Brown, Henry. 2012. *507 Mechanical Movements Mechanisms and Devices*. Tales End Press.
- Chase, Richard, Nicholas Aquilano e Jacobs F. 2001. *Operations Management for Competitive Advantage*. The McGraw-Hill/Irwin series. Operations and decision sciences. Operations management. 9ª Edição. Boston [etc.]: McGraw-Hill Irwin.
- Coimbra, Euclides. 2013. *Kaizen in Logistics & Supply Chains*. Nova Iorque: McGraw-Hill Education.
- Courtois, Alain, Maurice Pillet, Chantal Martin-Bonnefous. 2006. *Gestão da Produção*. 5ª Edição. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Doglionne Cara. 2016. “Understanding Responsibility Assignment Matrix (RACI Matrix)”. *Project Management Articles*, 25 de julho de 2016. Acedido a 1 de junho de 2017. <https://project-management.com/understanding-responsibility-assignment-matrix-raci-matrix/>
- Ghutukade, Santosh, Suresh Sawant. 2013. “Use of ranked position weighted method for assembly line balancing”. *Technicaljournalonline*, 3 de janeiro de 2013. Acedido a 27 de abril de 2017. <http://www.technicaljournalonline.com/ijaers/VOL%20II/IJAERS%20VOL%20II%20ISSUE%20IV%20JULY%20SEPTEMBER%202013/321.pdf>.
- LEI (Lean Enterprise Institute, Inc.). “Muda, Mura, Muri”. Acedido a 2 de março de 2017. <https://www.lean.org/lexicon/muda-mura-muri>.
- Liker, Jeffrey. 2004. *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- Manutan. 2017. Acedido a 3 de maio de 2017. <http://www.manutan.pt/pt/map>.
- Ohno, Taiichi. 1988. *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press.
- Pinto, João. 2006. *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Polisport. 2016. *Manual de Acolhimento*.
- Polisport. 2017a. “Time Line”. Acedido a 17 de fevereiro de 2017. <http://www.polisport.com/en/group/polisport-group/time-line/?id=47>.

Polisport. 2017b “Off-road Catalog 2017”. Acedido a 17 de fevereiro de 2017.
http://www.polisport.com/downloads/catalogo2_gb.pdf.

Womack, James, Daniel Jones e Daniel Roos. 1990. *The machine that changed the world*.
Toronto: Macmillan.

Womack, James e Daniel Jones. 2003. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Nova Iorque: Free Press (Simon & Schuster).

ANEXO A: Organograma do Grupo Polisport



ANEXO B: Instalações do Grupo Polisport



Polisport Plásticos S.A. (Carregosa)



Polinter S.A. (Carregosa)



Headgy Helmets/ Polisport 2 (Arouca)



Polisport Molds (Vale de Cambra)

ANEXO C: Produtos do Grupo Polisport



ANEXO D: Cronograma das tarefas planeadas

Projeto: Novo Formato HTS		JAN				FEV				MAR					ABR				MAI					JUN			
Etapas	Responsabilidades	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
Análise da cadeira de bebé para automóveis	Mário																										
Introdução de trabalho																											
Modos de falha																											
Pré-montagens a subcontratar																											
Necessidades de ferramentas (incluindo pedido de compra)																											
Produção Piloto - 50 unidades	Mário/AS																										
Estudo de tempos e métodos																											
Embalamentos - análise e propostas																											
Layout de linha	Mário																										
Estudo do modelo atual																											
Desenho do bordo de linha para novo formato																											
Pesquisa de mercado para bordos de linha	Mário/AS																										
Implementação nova linha	Mário/AS																										
FMEA do novo modelo	Mário/AS																										
Acompanhamento do arranque de produção	Mário/AS																										
Diagramas de esparguete																											
Gestão visual da linha																											
Reajustes de balanceamento																											
Definição do processo de instalação de novos formatos	Mário/AS																										
Lições aprendidas																											
Processo/calendarização da instalação de novos produtos - <i>standardização</i>																											

ANEXO E: Tempo dos movimentos do corpo definidos pela Polisport Plásticos S.A.

Descrição	Tempo		
	TMU	min	s
Andar / metro	25	0,015	0,9
Inclinar-se; Agachar-se; Ajoelhar-se; Endireitar-se	60	0,036	2,16
Sentar-se; Levantar-se	110	0,066	3,96

ANEXO F: Lista de componentes da cadeira *iZi Flex*

Parte: Assento			
Referência	Nome	Material	Qt.
2001	Parte inferior da base	PP	1
2002	Parte superior da base	PP	1
2003	Parte inferior do assento	PP	1
2004	Parte superior do assento	PP	1
2005	Aba do assento	PP	1
2006	Manípulo reclinado	PP	1
2007	Alavanca de ejeção do <i>isofix</i>	PP	1
2008	<i>Isofix</i> frame	PA	1
2009	Tampa do <i>isofix</i> frame	PA	1
2010	Bloqueio esquerdo do <i>isofix</i>	PA GF	1
2011	Bloqueio direito do <i>isofix</i>	PA GF	1
2012	Rolamento reclinado	PA	4
2013	Bloco de montagem	PA	1
2014	Mola de reclinar	Aço para molas	2
2015	Mola de ejeção do <i>isofix</i>	Aço para molas	2
2016	Tampa esquerda do manípulo reclinado	PP	1
2017	Tampa direita do manípulo reclinado	PP	1
2018	Eixo do rolamento reclinado	Aço	4
2019	Mola da pega	Aço para molas	3
2020	Mola de fecho	Aço para molas	1
2022	Guia esquerdo do assento	PA	1
2023	Guia direito do assento	PA	1
2030	Bloco de posicionamento	PP	1
2300	<i>Isofix</i>	Aço	1
<i>Ejot</i> 4x14	Parafuso WN1451K40x14	Aço	31

Parte: Encosto de cabeça			
Referência	Nome	Material	Qt.
5001	Parte de trás do encosto de cabeça	PP	1
5002	Parte da frente do encosto de cabeça	PP	1
5003	EPS do encosto de cabeça	EPS	1
5007	Desbloqueio de cinto direito	PP	1
5012	Mola do desbloqueio de cinto direito	Aço de mola	1
5014	Desbloqueio de cinto esquerdo	PP	1
5015	Mola do desbloqueio de cinto esquerdo	Aço de mola	1
5016	Trinco de desbloqueio do cinto	PP	2
	Botão de ligação ao estofa		2
<i>Ejot</i> 4x14	Parafuso WN1451K40x14	Aço	10

Parte: Encosto			
Referência	Nome	Material	Qt.
4001	Parte de trás do encosto	PP	1
4002	Interior encosto de cabeça	PP	1
4003	Manípulo de ajuste de altura do encosto	PP	2
4004	EPS direito do encosto	EPS	1
4005	EPS esquerdo do encosto	EPS	1
4006	Peça de fricção	TPE	1
4011	Eixo de ajuste de altura do encosto	PP	1
<i>Ejot 4x14</i>	Parafuso WN1451K40x14	Aço	9

Parte: Estofos e almofadas			
Referência	Nome	Material	Qt.
9001	Estofa do encosto		1
9002	Estofa do encosto de cabeça		1
9003	Estofa do assento		1
9011	Almofada do assento		1

Parte: Amortecedor			
Referência	Nome	Material	Qt.
4102	Base do amortecedor direito	PP	1
4103	Tampa do amortecedor direito	PP	1
4104	Botão de desbloqueio do amortecedor direito	PP	1
4202	Base do amortecedor esquerdo	PP	1
4203	Tampa do amortecedor esquerdo	PP	1
4204	Botão de desbloqueio do amortecedor esquerdo	PP	1
5013	Mola para botão de desbloqueio	Aço de mola	4

Parte: Stickers e embalagem			
Referência	Nome	Material	Qt.
0800	Caixa de cartão		1
0801	Saco de plástico		1
	<i>Sticker iZi Flex</i> esquerdo da aba do assento		1
	<i>Sticker iZi Flex</i> direito da aba do assento		1
	<i>Sticker</i> esquerdo de instruções		1
	<i>Sticker</i> direito de instruções		1
8002	Etiqueta		1
	<i>Sticker</i> de número de série		1
	<i>Sticker</i> de número de item		1
	<i>Sticker</i> EAN		1

ANEXO G: Instruções de montagem da cadeira *iZi Flex*

Fase: Montagem do assento		
Operação	Instrução	Componentes (Qt.)
A1	Montar o conjunto <i>isofix</i> frame no <i>isofix</i>	2008; 2009; 2300; <i>Ejot4x14</i> (2x)
A2	Montar sistema de ejeção do <i>isofix</i> na parte inferior da base	2001; 2010; 2011; 2020; 2007; 2019 (1x)
A3.1	Colocar conjunto <i>isofix</i> na base	
A3.2	Colocar molas de ejeção do <i>isofix</i>	2015 (2x)
A4.1	Colocar parte superior da base	2002
A4.2	Aparafusar 11 parafusos e testar <i>isofix</i>	<i>Ejot4x14</i> (11x)
A5	Encaixar o eixo do rolamento inclinado dentro do rolamento respetivo. Efetuar esta operação para os quatro conjuntos	2012(4x); 2018(4x)
A6	Colocar 2 conjuntos de rolamentos mais eixo na parte superior da base	
A7	Colocar 2 conjuntos de rolamentos mais eixo na parte inferior do assento	2004
A8	Colocar parte inferior do assento sobre a base	
A9.1	Colocar tampas no manípulo reclinado	2006; 2016; 2017
A9.2	Colocar manípulo reclinado no assento	
A10	Colocar bloco de posicionamento sob o manípulo	2030
A11.1	Colocar bloco de montagem sobre o bloco de posicionamento	2013
A11.2	Colocar parafuso prendendo o bloco de montagem ao assento	<i>Ejot4x14</i> (1x)
A12	Colocar molas ligando o manípulo e os blocos ao assento.	2019 (2x); 2014 (x2)
A13	Colocar e aparafusar com 2 parafusos a aba do assento	2005; <i>Ejot4x14</i> (2x)
A14	Colocar 2 <i>stickers</i> na aba do assento	<i>Sticker</i> (2x)

Fase: Montagem do encosto de cabeça		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
B1.1	Encaixar a parte da frente do encosto de cabeça à parte de trás do encosto de cabeça	5001; 5002
B1.2	Aparafusar 6 parafusos na parte frontal	<i>Ejot4x14</i> (6x)
B2	Aparafusar 2 parafusos na parte traseira	<i>Ejot4x10</i> (2x)
B3	Colocar desbloqueio de cinto, mola, rolamento e parafuso para cada um dos lados do encosto	5007; 5012; 5014; 5015; 5016 (2x); <i>Ejot4x14</i> (2x)
B4	Colocar 2 botões no encosto para posterior colocação dos estofos	Botões (2x)
B5	Colocar o conjunto do encosto no interior do encosto de cabeça e deslizar o primeiro conjunto para baixo	4002

Fase: Junção do encosto posterior ao encosto de cabeça e colocação de EPS		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
C1	Encaixar manípulos ao eixo de ajuste de altura e aparafusá-los no interior da parte de trás do encosto	4001; 4003 (2x); 4011; <i>Ejot4x14</i> (2x)
C2	Colocar peça de fricção na zona traseira da parte de trás do encosto	4006
C3.1	Encaixar conjunto do encosto de cabeça mais interior do encosto de cabeça no conjunto da parte de trás do encosto	
C3.2	Aparafusar 7 parafusos	<i>Ejot4x14</i> (7x)
C3.3	Colocar EPS direito e EPS esquerdo no encosto	4004; 4005
C4	Colocar EPS no encosto de cabeça	5003
C5	Colocar <i>stickers</i> de instruções no encosto traseiro	<i>Stickers</i> (2x)

Fase: Junção do conjunto do encosto ao assento		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
D1	Encaixar o conjunto do assento no encosto	
D2.1	Colocar parte superior do assento	2004
D2.2	Aparafusar 13 parafusos	<i>Ejot4x14</i> (13x)
D3.1	Rodar cadeira	
D3.2	Colocar guias do assento e aparafusá-las com um parafuso em cada	2022; 2023; <i>Ejot4x14</i> (2x)

Fase: Colocação dos estofos na cadeira		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
E1.1	Colocar almofada no assento	9011
E1.2	Colocar estofa no encosto de cabeça	9002
E1.3	Colocar estofa no assento	9003
E1.4	Colocar estofa no encosto	9001

Fase: Montagem dos amortecedores		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
F1.1	Colocar 2 molas no botão de desbloqueio do amortecedor direito	5013 (2x); 4104
F1.2	Colocar botão na base do amortecedor direito	4102
F1.3	Encaixar tampa do amortecedor direito à base do amortecedor direito	4103
F1.4	Repetir procedimento para o amortecedor esquerdo	5013 (2x); 4204; 4202; 4203

Fase: Junção dos amortecedores e dos <i>stickers</i> à cadeira e realização de testes		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
G1.1	Encaixar os 2 amortecedores na cadeira	
G1.2	Colocar <i>stickers</i> nos amortecedores	<i>Stickers</i> (2x)
G1.3	Colocar etiqueta, <i>sticker</i> de número de série, <i>sticker</i> de número de item, EAN <i>sticker</i>	Etiqueta; <i>Stickers</i> (3x)
G1.4	Realização de testes na cadeira	

Parte: Embalamento		
Fase	Instrução	Componentes (Qt.)
I1.1	Preparar caixa de cartão	0800
I1.2	Colocar cadeira no saco de plástico	0801
I1.3	Colocar cadeira na caixa de cartão	

ANEXO H: FMEA da cadeira *iZi Flex*

		ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)										<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Polisport</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Polinter</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Polisport Molds</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Headgy Helmets</td> </tr> </table>				<input checked="" type="checkbox"/>	Polisport	<input type="checkbox"/>	Polinter	<input type="checkbox"/>	Polisport Molds	<input type="checkbox"/>	Headgy Helmets
<input checked="" type="checkbox"/>	Polisport																						
<input type="checkbox"/>	Polinter																						
<input type="checkbox"/>	Polisport Molds																						
<input type="checkbox"/>	Headgy Helmets																						
Produto: Cadeira iZiFlex																							
Função/ requisito	Entrada do processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Severidade	Causas e mecanismo potencial de falha	Ocorrência	Controlos deteção	Deteção	RPN	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Fig.							
Fixação da cadeira ao banco do automóvel	Operador	Montagem do <i>isofix</i> com a face virada para baixo	Degradação da função de fixação	7	Desconhecimento/ desatenção do operador	3	Controlo do funcionamento do <i>isofix</i> por operadores seguintes	6	126	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					H1							
Funcionalidade de fixação do <i>isofix</i> pronta aquando entrega	Operador	Montagem do <i>isofix</i> sem pressionar os botões	Incómodo no cliente	1	Desconhecimento/ desatenção do operador	3	Controlo do funcionamento do <i>isofix</i> por operadores seguintes	6	18	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					H2							
Ligação entre componentes	Operador	Falta de parafusos na cadeira	Desencaixe de componentes em locais que comprometem a segurança do utilizador	10	Erro na contabilização	5	Testes na cadeira	4	200	Métodos de agrupamento dos parafusos	Operador; Logística												
					Instruções confusas	4	Testes na cadeira	4	160	Reformulação das instruções	Logística												
			Desencaixe de componentes em locais que comprometem funções da cadeira	7	Erro na contabilização	5	Testes na cadeira	4	140	Métodos de agrupamento dos parafusos	Operador; Logística												
					Instruções confusas	4	Testes na cadeira	4	112	Reformulação das instruções	Logística												
			Entrega da cadeira na ausência da totalidade dos componentes	2	Erro na contabilização	5	Contabilização final dos parafusos usados	9	90	Métodos de agrupamento dos parafusos	Operador; Logística												
					Instruções confusas	4	Contabilização final dos parafusos usados	9	72	Reformulação das instruções	Logística												
Correção do movimento do <i>isofix</i>	Operador	Quebra dos ganchos que prendem o <i>isofix</i> frame	Perda da funcionalidade de movimento do <i>isofix</i>	8	Manuseamento errado	2	Testes na cadeira	4	64	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística												
		Desgaste dos dos ganchos que prendem o <i>isofix</i> frame	<i>isofix</i> não conforme	2	Repetições consecutivas do encaixe	8	Testes na cadeira	10	160	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					H3							



ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)

<input checked="" type="checkbox"/>	Polisport
<input type="checkbox"/>	Polinter
<input type="checkbox"/>	Polisport Molds
<input type="checkbox"/>	Headgy Helmets

Produto: Cadeira iZiFlex

Função/ requisito	Entrada do processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Severidade	Causas e mecanismo potencial de falha	Ocorrência	Controlos deteção	Deteção	RPN	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Fig.
Superfície lisa	Parte inferior da base da cadeira	Presença do gito na base da cadeira	Dano físico do utilizador pela presença das arestas vivas	10	Injeção	10	Controlo executado pelo operador da própria estação	3	300	Reformulação das instruções	Logística					
Movimento isofix	Base da cadeira	Pouca folga para o isofix	Movimento difícil do isofix	5	Excesso de solda na base	9	Testes na cadeira	1	45	Alterar quantidade de solda	Engenharia					
Suporte da cadeira	Operador	Encaixe incompleto das bordas da base	Base não conforme	3	Desconhecimento/ desatenção do operador	9	Controlo executado pelo operador da própria estação	4	108	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					H4
				3	Deformação da base	3	Controlo executado pelo operador da própria estação	4	36	Embalamento adequado	Logística					
Fixação do isofix no exterior da cadeira	Alavanca de ejeção do isofix	Possibilidade de retorno do isofix mesmo com o bloqueio da alavanca de ejeção	Retorno indesejável do isofix	6	Formato da alavanca	5	Controlo do funcionamento do isofix por operadores seguintes	2	60	Modificação da alavanca	Engenharia					
Movimentação do assento e rotação dos desbloqueios dos cintos	Operador	Montagem errada das molas	Não funcionamento da movimentação do assento e rotação dos desbloqueios	5	Instruções confusas	3	Testes na cadeira	2	30	Reformulação das instruções	Logística					H5; H6
Estruturação da cadeira	Encosto de cabeça	Encaixe incompleto do encosto de cabeça	Desconforto do utilizador	4	Deformação do encosto	9	Controlo executado pelo operador da própria estação	1	36	Modificação do processo de injeção	Engenharia					
	Operador			5	Desconhecimento/ desatenção do operador	5	Testes na cadeira	7	140	Formação	Líder de equipa					
Fixação do encosto	Botão	Soltura do estofo	Desconforto do utilizador	5	Encaixe difícil e falta de ferramenta adequada	10	Controlo executado pelo operador da própria estação	2	100	Modificação de ferramenta	Engenharia					
Proteção contra o impacto	Operador	Encaixe incompleto da peça de fricção	Perda de proteção da criança contra o impacto	10	Difícil encaixe	6	Testes na cadeira	2	120	Seleção de ferramentas	Logística					



ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)

<input checked="" type="checkbox"/>	Polisport
<input type="checkbox"/>	Polinter
<input type="checkbox"/>	Polisport Molds
<input type="checkbox"/>	Headgy Helmets

Produto: Cadeira iZiFlex

Função/ requisito	Entrada do processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Severidade	Causas e mecanismo potencial de falha	Ocorrência	Controlos deteção	Deteção	RPN	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Fig.
Estética	Operador	Presença de riscos na peça de fricção	Pioria da aparência	1	Movimentos da cadeira na linha de montagem	2	Testes na cadeira	6	12	Replaneamento dos movimentos da linha	Logística					
Movimentar o encosto de cabeça em altura	Manipulo de ajuste de altura	Deformação do furos do manipulo de ajuste de altura	Perda da capacidade de alterar a altura do encosto de cabeça	8	Desgaste no transporte	4	Controlo executado pelo operador da própria estação	1	32							
Ligação entre componentes	Parte de trás do encosto	Aparafusamento degrada as fêmeas do parafuso na peça	Desgaste da capacidade de encaixe	3	Material do encosto	9	Controlo executado pelo operador da própria estação	2	54	Melhorar zona de aperto	Engenharia					
Conforto	Operador	Rasgo do EPS	Rugosidade encosto	5	Manuseamento incorreto do EPS	7	Controlo executado pelo operador da própria estação	1	35	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					
Conforto	Operador	Rompimento dos estofos	Redução da capacidade de segurança	9	Manuseamento incorreto dos estofos	6	Controlo executado pelo operador da própria estação	2	108	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					
Conforto	Operador	Estofos soltos	Incómodo para o utilizador	4	Desconhecimento/desatenção do operador	10	Testes na cadeira	4	160	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					
Identificação/Regulamento	Operador	Ausência de etiquetas; stickers	Cadeira não conforme	4	Desconhecimento/desatenção do operador	4	Testes na cadeira	3	48	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					
Informação	Operador	Ausência de manual de instruções	Incómodo para o utilizador	6	Desconhecimento/desatenção do operador	3	Testes na cadeira	3	54	Formação e reformulação das instruções	Líder de equipa; Logística					



ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)

<input checked="" type="checkbox"/>	Polisport
<input type="checkbox"/>	Polinter
<input type="checkbox"/>	Polisport Molds
<input type="checkbox"/>	Headgy Helmets

Produto: Cadeira iZiFlex

Função/ requisito	Entrada do processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial de falha	Severidade	Causas e mecanismo potencial de falha	Ocorrência	Controlos deteção	Deteção	RPN	Ações recomendadas	Responsável e prazo	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Fig.
Montagem	Rolamento reclinado + Eixo do rolamento reclinado	Dificuldade acrescida na montagem	Paragem na linha de montagem	7	Peças de grande dificuldade a montar a frio	10	Automático, impossível avançar na montagem caso não detetado	1	70	Pré-montagem dos componentes	Operador da injeção	1	1	1	1	H7
Montagem	Manipulo reclinado + Tampas	Dificuldade acrescida na montagem	Paragem na linha de montagem, peças mal montadas	6	Encaixe não perfeito das peças	8	Controlo executado pelo operador da própria estação	3	144	Pré-montagem dos componentes	Operador da injeção	1	1	1	1	H8;H9
Montagem	Amortecedor	Dificuldade acrescida na montagem	Paragem na linha de montagem	6	Encaixe não perfeito das peças	8	Controlo executado pelo operador da própria estação	3	144	Pré-montagem dos componentes	Operador da injeção	1	1	1	1	H10

NºFigura	Imagem	Descrição	NºFigura	Imagem	Descrição	NºFigura	Imagem	Descrição
1		Garra do Isofix fixada para baixo	5		Instrução de montagem confusa da mola da pega	9		Manipulo reclinado + tampas após pré-montagem
2		Pressão de um dos botões do Isofix	6		Instrução de montagem confusa da mola da pega	10		Amortecedores após pré-montagem
3		Desgaste de um dos ganchos da base da cadeira	7		Rolamento reclinado + eixo rolamento reclinado após pré-montagem			
4		Encaixe incompleto das bordas da base	8		Manipulo reclinado + tampas antes pré-montagem			

ANEXO I: Análise de tempos por operação da montagem individual da cadeira iZi Flex

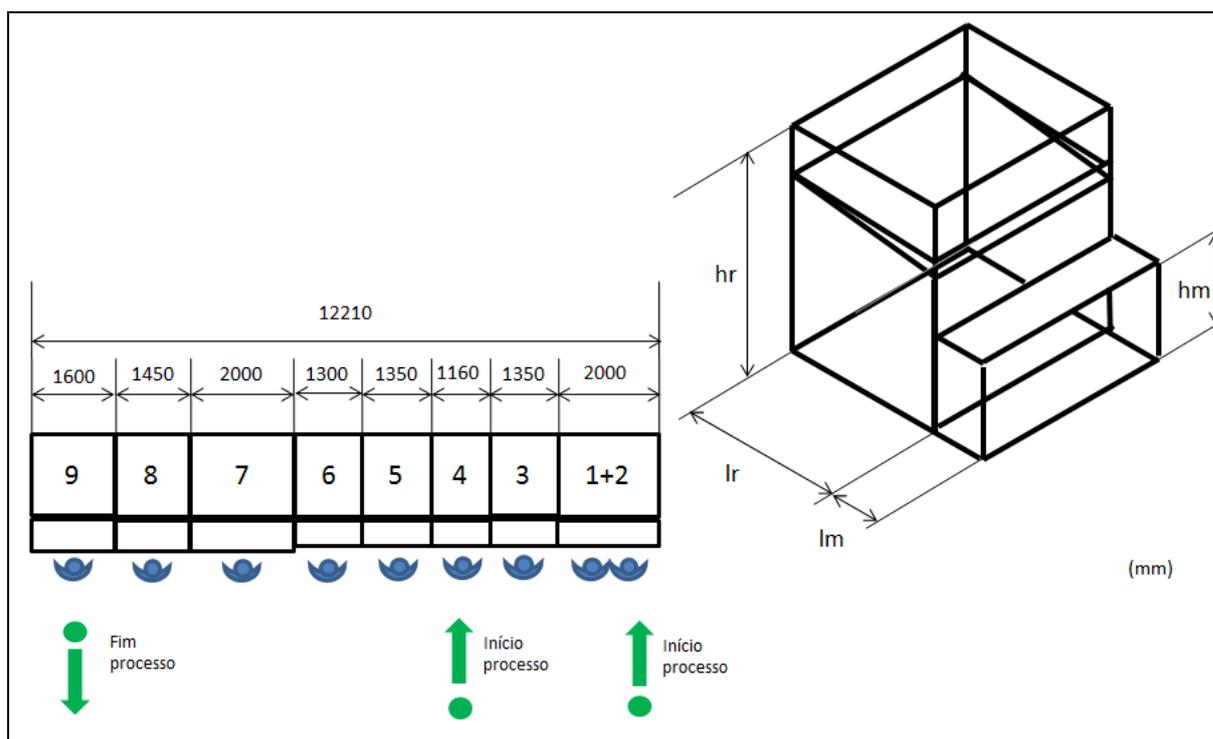
Operação	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)
A1	18	18
A2	25	43
A3.1	13	56
A3.2	10	66
A4.1	7	73
A4.2	57	130
A5	0*	130
A6	4	134
A7	6	140
A8	5	145
A9.1	0*	145
A9.2	6	151
A10	**	**
A11.1	10	161
A11.2	7	168
A12	22	190
A13	23	213
A14	**	**
B1.1	42	255
B1.2	35	290
B2	15	305
B3	66	371
B4	**	**
B5	9	380
C1	19	399

* Pré-montagem

** Sem peça para teste

Operação	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)
C2	**	**
C3.1	18	417
C3.2	64	481
C3.3	7	488
C4	**	**
C5	**	**
D1	5	493
D2.1	6	499
D2.2	55	554
D3.1	10	564
D3.2	19	583
E1.1	**	**
E1.2	**	**
E1.3	**	**
E1.4	**	**
F1.1	0*	583
F1.2	0*	583
F1.3	0*	583
F1.4	0*	583
G1.1	**	**
G1.2	**	**
G1.3	**	**
G1.4	**	**
I1.1	**	**
I1.2	**	**
I1.3	**	**

ANEXO J: Dimensionamento do bordo de linha da produção piloto

Figura J1 – Representação e dimensionamento de frente de *rack* do bordo de linha da produção piloto.Tabela J1 – Profundidade e altura das mesas e *racks* dos postos de trabalho usados na produção piloto.

Posto	Profundidade do <i>rack</i> [lr] (mm)	Altura do <i>rack</i> [hr] (mm)	Profundidade da mesa [lm] (mm)	Altura da mesa [hm] (mm)
1+2	1600	2200	500	900
3	1600	2200	500	850
4	1600	2200	500	850
5	1600	2200	500	850
6	1600	2200	500	850
7	1600	2200	600	850
8	1600	2200	600	850
9	1600	2400	600	850

O valor da profundidade do *rack* não inclui o comprimento de perfil para o suporte da iluminação. Esse comprimento é de 750 mm e fica acima das mesas.

ANEXO K: Análise de tempos por operação da produção piloto

Operação	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)
A1	30	30
A2	30	60
A3.1	10	70
A3.2	11	81
A4.1	19	100
A4.2	74	174
A5	0*	174
A6	5	179
A7	5	184
A8	20	204
A9.1	0*	204
A9.2	17	221
A10	25	246
A11.1	8	255
A11.2	5	259
A12	35	294
A13	22	316
A14	68	384
B1.1	26	410
B1.2	50	460
B2	15	475
B3	57	532
B4	270	802
B5	13	815
C1	17	832

* Pré-montagem

** Sem peça para produção teste

Operação	Tempo (s)	Tempo acumulado (s)
C2	50	882
C3.1	30	912
C3.2	42	954
C3.3	35	989
C4	10	999
C5	**	**
D1	16	1015
D2.1	25	1040
D2.2	42	1082
D3.1	8	1090
D3.2	66	1156
E1.1	5	1161
E1.2	144	1305
E1.3	59	1364
E1.4	76	1440
F1.1	0*	1440
F1.2	0*	1440
F1.3	0*	1440
F1.4	0*	1440
G1.1	50	1490
G1.2	50	1540
G1.3	**	1540
G1.4	32	1572
I1.1	10	1582
I1.2	5	1587
I1.3	55	1642

ANEXO L: Quadro das precedências da cadeira *iZi Flex*

Operação	Tarefa precedente
A1	/
A2	/
A3.1	A2, A1
A3.2	A3.1
A4.1	A3.2
A4.2	A4.1
A6	A4.2
A7	A6
A8	A7
A9.2	A8
A10	A9.2
A11.1	A10
A11.2	A11.1
A12	A11.2
A13	A12
A14	A13
B1.1	/
B1.2	B1.1
B2	B1.2
B3	B2
B4	B3
B5	B4

Operação	Tarefa precedente
C1	/
C2	C1
C3.1	B5, C2
C3.2	C3.1
C3.3	C3.2
C4	C3.3
C5	C4
D1	A14, C5
D2.1	D1
D2.2	D2.1
D3.1	D2.2
D3.2	D3.1
E1.1	D3.2
E1.2	E1.1
E1.3	E1.1
E1.4	E1.2, E1.3
G1.1	E1.4
G1.2	G1.1
G1.3	G1.2
G1.4	G1.3
I1.1	G1.4
I1.2	I1.1
I1.3	I1.2

ANEXO M: Método RPW para o *layout* em forma de linha (com montagem simultânea da base e encosto)

Posto	Operação	Duração (s)	RPW	Folga (s)	Operações disponíveis
					A1, A2, B1.1, C1, C2
1	A1	30	997	114	A2, B1.1, C1, C2
1	A2	30	997	84	A3.1, B1.1, C1, C2
1	A3.1	10	967	74	A3.2, B1.1, C1, C2
1	A3.2	11	957	63	A4.1, B1.1, C1, C2
1	B1.1	26	951	37	A4.1, B1.2, C1, C2
1	A4.1	19	946	18	A4.2, B1.2, C1, C2
1	C1	17	777	1	A4.2, B1.2, C2
2	A4.2	74	927	70	A6, B1.2, C2
2	B1.2	50	925	20	A6, B2, C2
2	B2	15	875	5	A6, B3, C2
2	A6	5	853	0	A7, B3, C2
3	B3	57	860	87	A7, B4, C2
3	A7	5	848	82	A8, B4, C2
3	A8	20	843	62	A9.2, B4, C2
3	A9.2	17	823	45	A10, B4, C2
3	A10	25	806	20	A11.1, B4, C2
3	A11.1	8	781	12	A11.2, B4, C2
4	A11.2	5	773	7	A12, B4, C2
4	C2	50	810	94	A12, B4
4	B4	30	803	64	A12, B5
4	B5	13	773	51	A12, C3.1
4	A12	35	768	16	A13, C3.1
5	C3.1	30	760	114	A13, C3.2
5	A13	22	733	92	A14, C3.2
5	C3.2	42	730	50	A14, C3.3
5	C3.3	35	688	15	A14, C4
5	C4	10	653	5	A14, C5
5	C5	0	643	5	A14
6	A14	68	711	76	D1
6	D1	16	643	60	D2.1
6	D2.1	25	627	35	D2.2
7	D2.2	42	602	102	D3.1
7	D3.1	8	560	94	D3.2
7	D3.2	66	552	28	E1.1
7	E1.1	5	486	23	E1.2
8	E1.2	144	481	0	E1.3
9	E1.3	59	337	85	E1.4
9	E1.4	76	278	9	G1.1
10	G1.1	50	202	94	G1.2
10	G1.2	50	152	44	G1.3
10	G1.3	0	102	44	G1.4
10	G1.4	32	102	12	II.1
10	II.1	10	70	2	II.2
11	II.2	5	60	139	II.3
11	II.3	55	55	84	

ANEXO N: Explicação do cálculo da massa do conjunto na situação extrema nas caixas-gaveta

1. De forma a facilitar o cálculo admite-se que todos os parafusos são idênticos e de referência WN1451K40x14 A3K DIN EN ISO 9227;
2. É tabelado que 1000 parafusos WN1451K40x14 A3K DIN EN ISO 9227 apresentam uma massa de 1,185 kg²
3. Para cada cadeira são necessários 50 parafusos;
4. Para 15 cadeiras são então necessários 750 parafusos;
5. A massa do conjunto de 750 parafusos é, por proporcionalidade direta, de 0,88875 kg;
6. Os bloqueios esquerdos e direitos do *isofix* são embalados em conjunto;
7. Quer o bloqueio esquerdo quer o bloqueio direito têm de massa 0,0095 kg;
8. Por cada cadeira são necessários um bloqueio esquerdo e um bloqueio direito do *isofix*;
9. Para as 15 cadeiras são então necessários 30 bloqueios;
10. A massa do conjunto de 30 bloqueios é de 0,285 kg;
11. Cada rolamento inclinado tem de massa 0,007 kg;
12. Por cada cadeira são necessários 4 rolamentos reclinados;
13. São então necessários 60 rolamentos para 15 cadeiras;
14. Os 60 rolamentos reclinados têm de massa 0,42 kg;
15. Na totalidade o conjunto tem de massa 1,59375 kg, valor passível de ser arredondado para 1,6 kg.

² A informação tabelada relativamente à massa dos parafusos consta no catálogo da Screwtek de 2017

ANEXO O: Dimensionamento do bordo de linha proposto

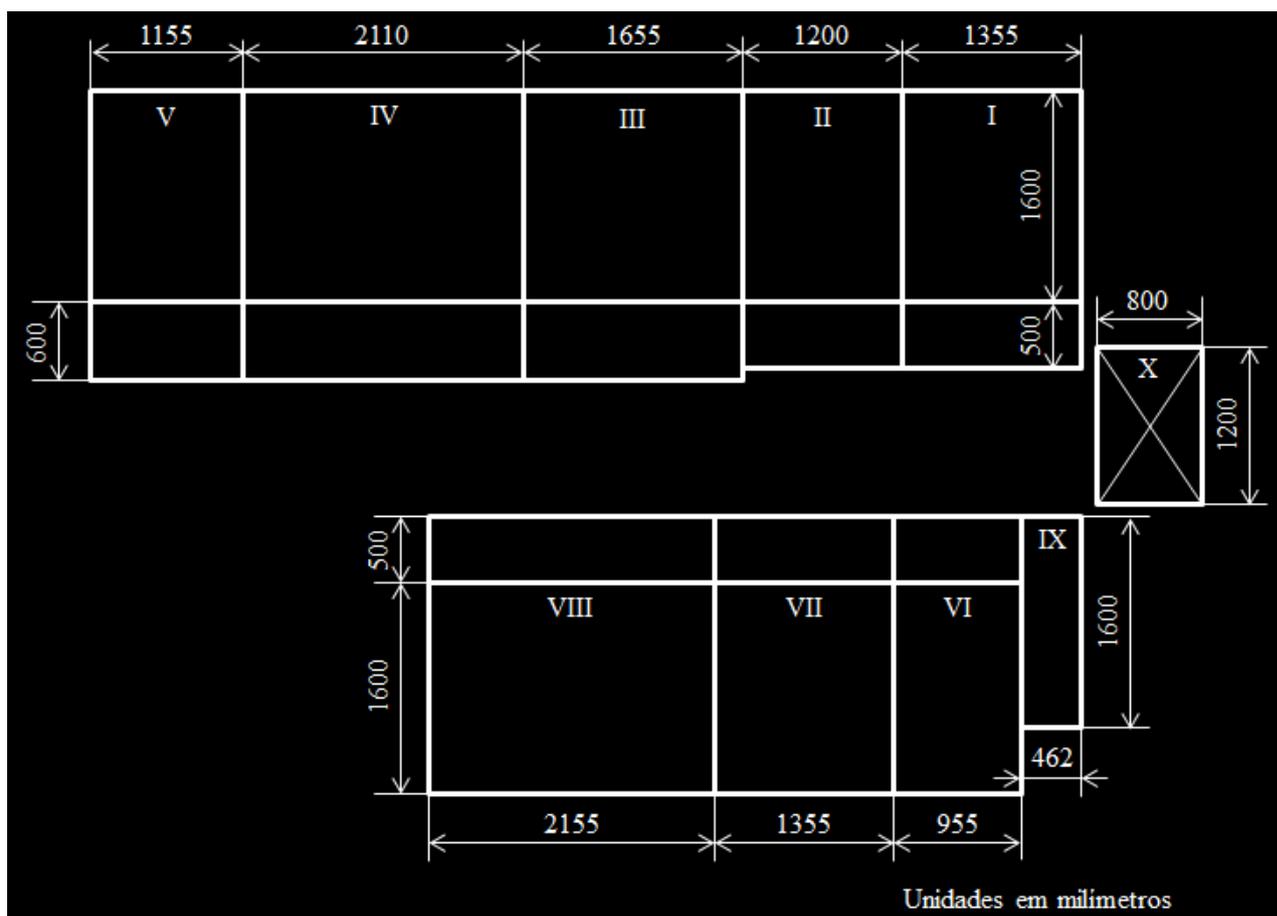


Figura O1 – Dimensionamento do bordo de linha para o formato proposto.

Tabela O1 – Altura das mesas, racks e caixas de grandes dimensões do formato proposto.

Bancada	Altura do rack [hr] (mm)	Altura da mesa [hm] (mm)
I	2200	850
II	2200	850
III	2200	850
IV	2200	750
V	2200	750
VI	2200	850
VII	2200	850
VIII	2200	850
Outros	Designação	Altura (mm)
IX	Carro rack de transporte do componente: <i>isofix</i>	1163
X	Contentor de abastecimento do componente: parte de trás do encosto	900

ANEXO P: Diagramas de esparguete teóricos da cadeira *iZi Flex* no novo formato

Fluxo em forma de duplo U

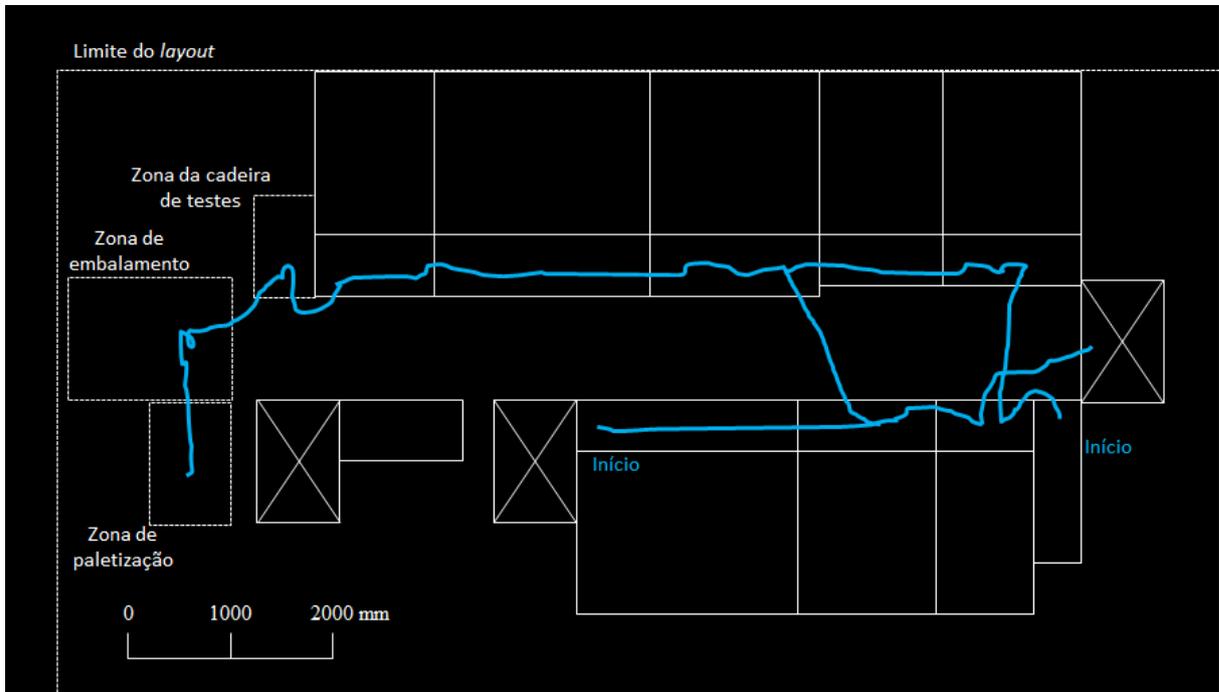


Figura P1 – Diagrama de esparguete teórico da cadeira *iZi Flex* para um fluxo em forma de duplo U.

Fluxo em forma de H

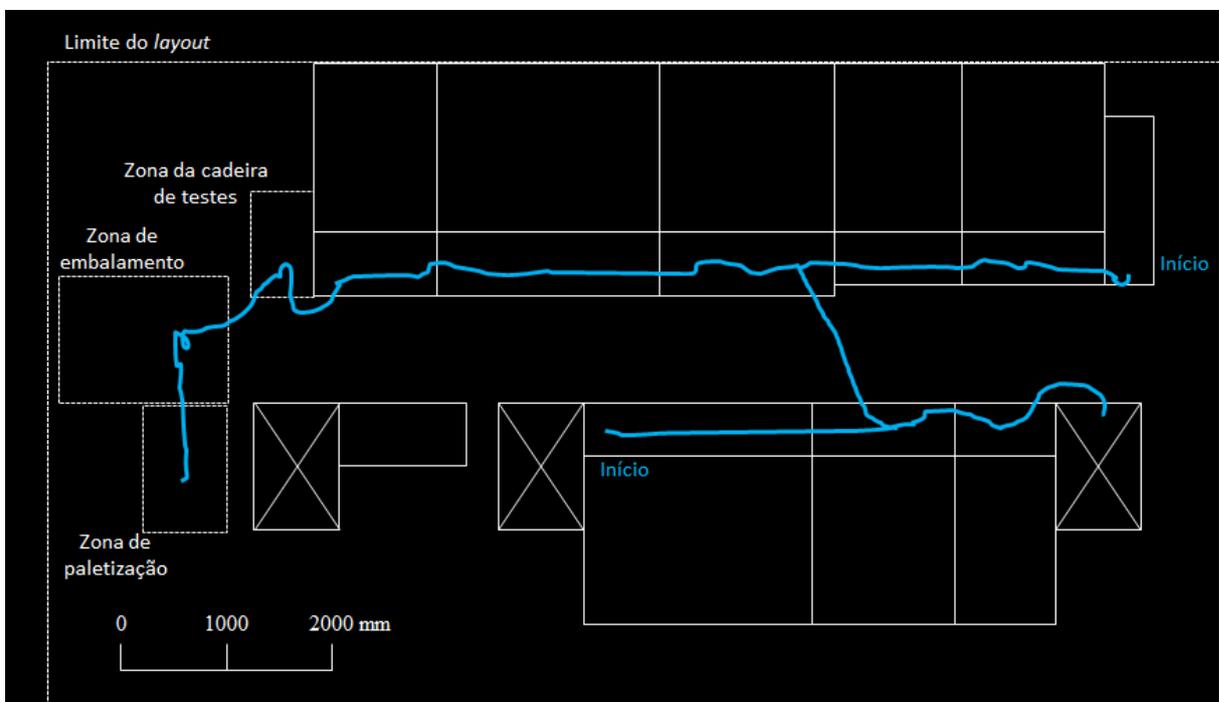
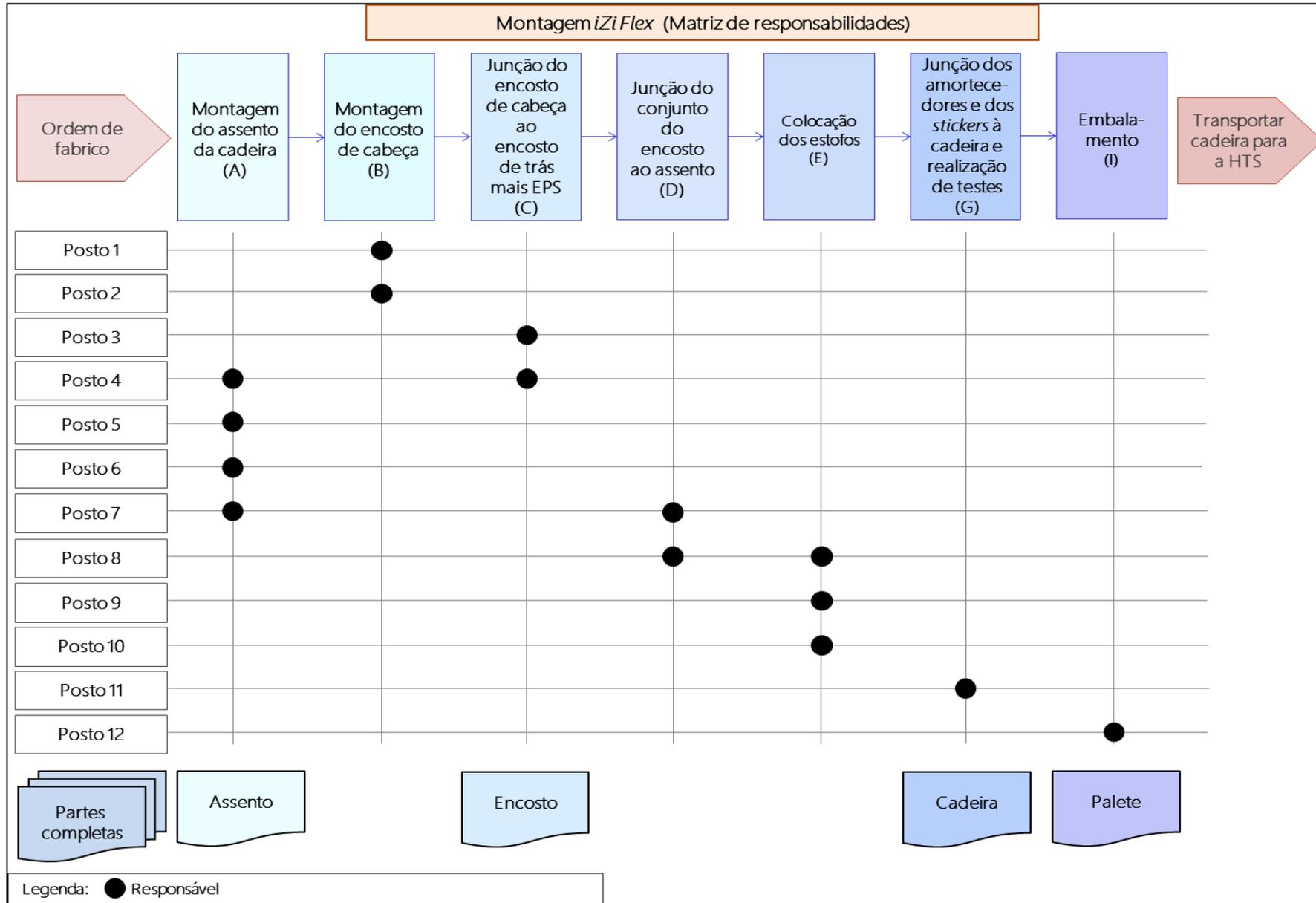
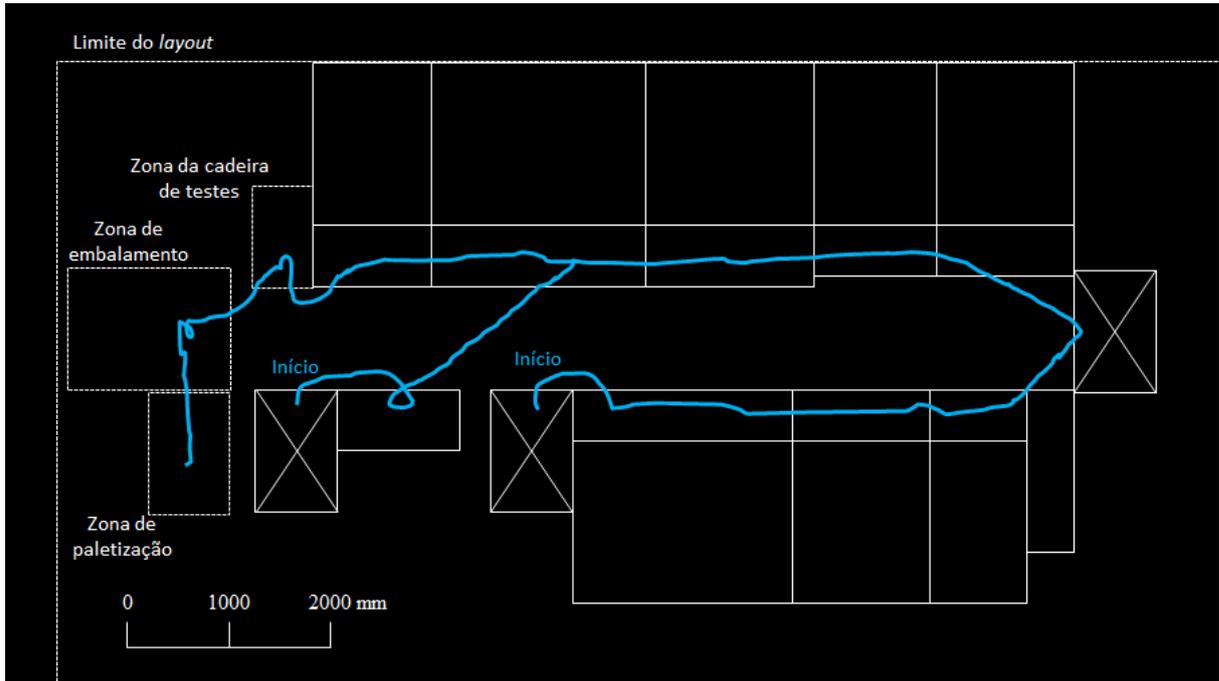


Figura P2 – Diagrama de esparguete teórico da cadeira *iZi Flex* para um fluxo em forma de H.

ANEXO Q: Matriz de responsabilidade do modo de montagem da cadeira *iZi Flex* na nova linha, no caso da taxa de produção de 25



ANEXO R: Diagrama de esparguete teórico da cadeira *iZi Plus* no novo formato



ANEXO S: Cálculos dos ganhos com o novo formato

- Investimento: 15000 €;
- Custo de mão-de-obra: 6,43 €/h;
- Cadeiras *iZi Flex* a produzir por ano: 40000 cadeiras.

Taxa de produção fixa nas 25 cadeiras por horaGanhos com a redução do posto de trabalho:

$$\begin{aligned} \text{Ganhos} &= \frac{40000 \text{cad} / \text{ano}}{25 \text{cad} / \text{h}} \times 1 \text{operador} \times 6,43 \text{€} / \text{h} = \\ &= 10288 \text{€} / \text{ano} \end{aligned} \quad (\text{S1.1})$$

Ganhos com a eliminação do setup:

$$\begin{aligned} \text{Ganhos} &= \text{Custos formato inicial com setup} = \\ &= \frac{40000 \text{cad} / \text{ano}}{25 \text{cad} / \text{h montagem}} \times \frac{36 \text{s setup} / \text{h montagem}}{3600 \text{s} / \text{h}} \times 13 \text{operadores} \times 6,43 \text{€} / \text{h} = \\ &= 1337,44 \text{€} / \text{ano} \end{aligned} \quad (\text{S1.2})$$

Total de ganhos:

$$\text{Ganhos} = 10288 \text{€} / \text{ano} + 1337,44 \text{€} / \text{ano} = 11625,44 \text{€} / \text{ano} \quad (\text{S1.3})$$

Recuperação do investimento:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de recuperação} &= \frac{15000 \text{€}}{11625,44 \text{€} / \text{ano}} \times 12 \text{meses} / \text{ano} = \\ &= 15,48 \text{meses} = 1 \text{ano e } 4 \text{meses} \end{aligned} \quad (\text{S1.4})$$

Fixando o número de operadores em 9Ganhos com a redução do tempo de montagem do bottleneck:

$$\begin{aligned} \text{Ganhos} &= \text{Custos formato inicial} - \text{Custos novo formato} = \\ &= \left(\frac{180 \text{s} / \text{cad}}{3600 \text{s} / \text{h}} \times 40000 \text{cad} / \text{ano} - \frac{167,8 \text{s} / \text{cad}}{3600 \text{s} / \text{h}} \times 40000 \text{cad} / \text{ano} \right) \times 9 \text{operadores} \times 6,43 \text{€} / \text{h} = \\ &= 7844,60 \text{€} / \text{ano} \end{aligned} \quad (\text{S1.5})$$

Ganhos com a eliminação do setup:

$$\begin{aligned} \text{Ganhos} &= \text{Custos formato inicial com setup} = \\ &= \frac{180 \text{s} / \text{cad}}{3600 \text{s} / \text{h}} \times 40000 \text{cad} / \text{ano} \times \frac{36 \text{s setup} / \text{h montagem}}{3600 \text{s} / \text{h}} \times 9 \text{operadores} \times 6,43 \text{€} / \text{h} = \\ &= 1157,40 \text{€} / \text{ano} \end{aligned} \quad (\text{S1.6})$$

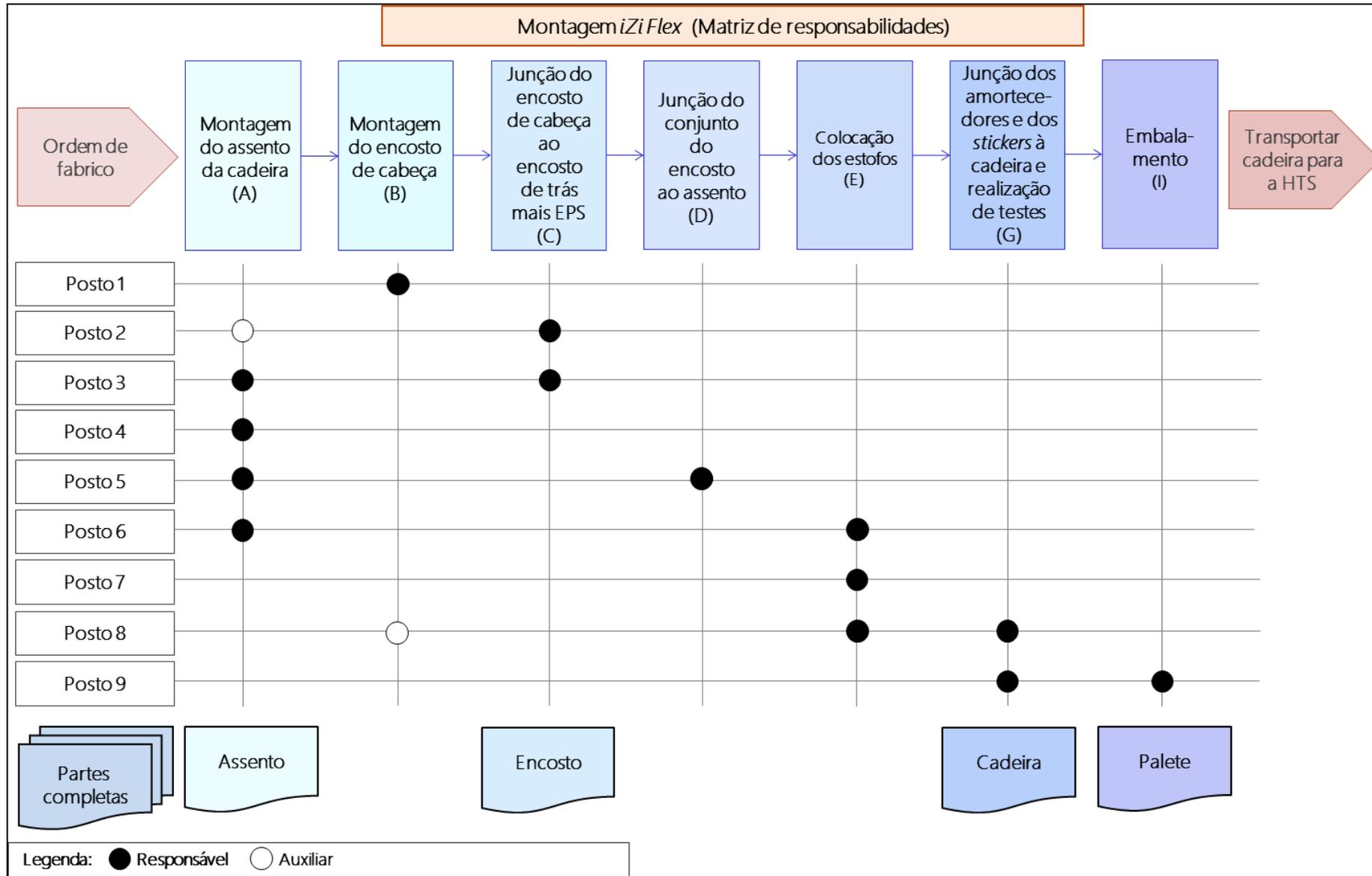
Total de ganhos:

$$\text{Ganhos} = 7844,60 \text{€} / \text{ano} + 1157,40 \text{€} / \text{ano} = 9002,00 \text{€} / \text{ano} \quad (\text{S1.7})$$

Recuperação do investimento:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de recuperação} &= \frac{15000\text{€}}{9002,00\text{€/ano}} \times 12\text{meses/ano} = & (\text{S1.8}) \\ &= 20,00\text{meses} = 1\text{ano e } 8\text{meses} \end{aligned}$$

ANEXO T: Matriz de responsabilidade do modo de montagem da cadeira *iZi Flex* na nova linha, no caso de 9 postos de trabalho



ANEXO U: Propostas de melhoria para os potenciais problemas gerais

Potenciais problemas	Proposta de melhoria
Armazenamento manual	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: armazenamento automatizado (Figura U1).  <p>Figura U1 – (Dematic Retrotech. 2015. Retrotech/Savoye Warehouse Automation. Acedido a 4 de maio de 2017. https://www.youtube.com/watch?v=eYY0wfvP1Wg).</p> <ul style="list-style-type: none"> Vantagens: possibilidade de redução do tamanho dos corredores o que resulta na redução do espaço total ocupado pelo armazenamento de componentes; diminuição do número de operadores necessários em atividades de armazém; diminuição de risco de acidentes em armazém; aumento da segurança dos operadores que trabalham em armazém; redução ou mesmo eliminação da necessidade de porta-paletes, empilhadores e comboios logísticos em atividades de armazém; interligação entre os <i>softwares</i> de gestão de <i>stocks</i> e o processo de armazenamento.
Danificação de paletes	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: substituição de paletes. <p>Vantagens: aumento segurança dos operadores; diminuição do risco de acidentes;</p> <ul style="list-style-type: none"> Proposta: utilização maioritária das paletes com maior risco de danificação em locais ao nível do chão. <p>Vantagens: diminuição do nível de perigosidade dos acidentes.</p>
Obstáculos no circuito do <i>mizusumashi</i>	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: reforço nas auditorias sobre 5S. <p>Vantagens: circuito do <i>mizusumashi</i> desimpedido, redução do tempo necessário para o circuito do <i>mizusumashi</i> e conseqüente aumento da produtividade; diminuição de risco de acidentes; aumento da autonomia dos operadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> Proposta: criação de espaços para armazenamento temporário dos equipamentos e materiais. <p>Vantagens: circuito do <i>mizusumashi</i> desimpedido, redução do tempo necessário para o circuito do <i>mizusumashi</i> e conseqüente aumento da produtividade; diminuição de risco de acidentes; maior facilidade em encontrar equipamentos e materiais esquecidos.</p>
Variedade do tipo de caixas	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: preferência pela utilização de caixas do mesmo tipo. <p>Vantagens: padronização, possibilidade de encaixar as caixas umas nas outras.</p>

<p>Capacidade do bordo de linha</p>	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: modificação do <i>layout</i> de linha. <p>Vantagem: diminuição de movimentações dos operadores.</p>
<p>Ausência de locais para colocar ferramentas e equipamentos essenciais</p>	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: incorporação na linha de suportes específicos para as ferramentas e equipamentos (Figura U2, Figura U3). <div data-bbox="810 360 1118 667" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="783 685 1145 719">Figura U2 – Suporte de garrafas³.</p> <div data-bbox="810 745 1118 1088" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="703 1106 1225 1140">Figura U3 – Suporte de ferramentas compridas³.</p> <p>Vantagens: diminuição da probabilidade de se perder as ferramentas; aumento do nível de satisfação dos operadores.</p>
<p>Distância percorrida pelo transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> Proposta: modificação do local de armazenamento de produtos acabados (Figura U4). <div data-bbox="477 1317 1453 1740" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="520 1760 1409 1823">Figura U4 – Mapa das fases do processo produtivo da Polispport Plásticos S.A após modificação.</p> <p>Vantagem: Maior disponibilidade dos meios de transporte de componentes.</p>

³ Imagem retirada do catálogo “Manual Production Systems 6.0” da Rexroth de 2015.

ANEXO V: Parte de trás do encosto da cadeira *iZi Flex*

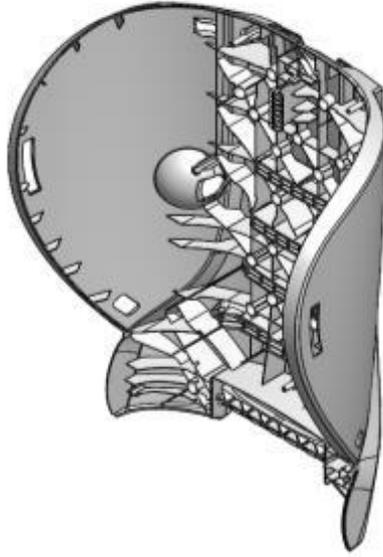


Figura V1 – Parte de trás do encosto.

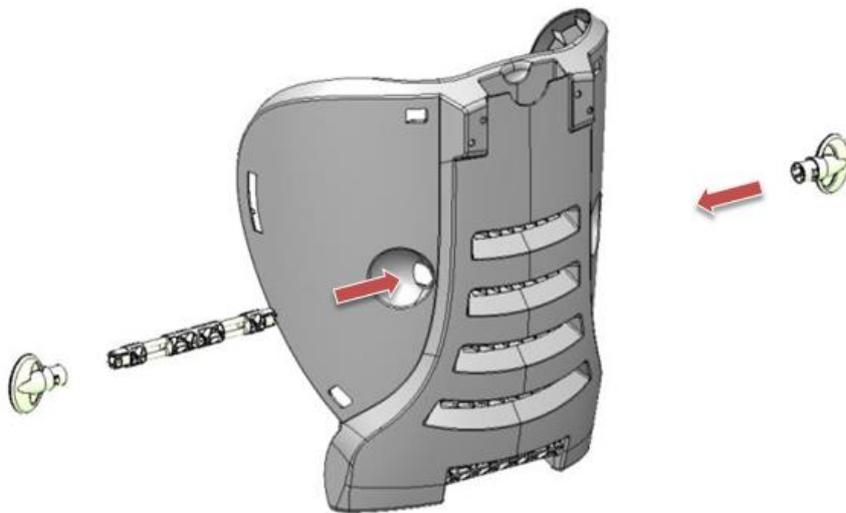


Figura V2 – Instrução da colocação dos manípulos e eixo de ajuste de altura do encosto.