



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

José Nuno Gonçalves da Costa

**Aplicação combinada de ferramentas *Lean* e de Ergonomia na melhoria do desempenho dos postos de trabalho numa empresa de capas de assentos para a indústria automóvel**

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Ana Sofia Pinho Colim

Janeiro de 2020

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Com o culminar desta jornada, gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram para que este percurso fosse possível.

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha família por todo o apoio demonstrado e pela motivação que sempre me foram passando ao longo destes anos. Sem vocês não teria sido possível!

Um agradecimento especial à minha orientadora, a Professora Doutora Ana Colim por toda a dedicação e envolvimento em todas as fases deste projeto de dissertação. Obrigado por todo o conhecimento partilhado e pela confiança transmitida nos momentos mais complicados.

De seguida, gostaria de agradecer ao Engenheiro Rui Vales pela oportunidade que me deu de estagiar na Coindu e por me ter proporcionado uma primeira experiência profissional de grande aprendizagem. À equipa de Melhoria Contínua, em particular ao Engenheiro João Gonçalves, Adelino Oliveira, Marcelo Pereira e Liliana Pinto um muito obrigado por todos os conhecimentos transmitidos e pela enorme confiança que sempre demonstraram em mim. Quero também deixar um agradecimento aos meus colegas de estágio, ao Pedro Pereira e à Sara Pires, pela ajuda e pelos bons conselhos.

À Ana, por ter estado sempre presente, por toda a força de vontade, e por todo o amor e carinho demonstrado para a realização desta dissertação. Obrigado por me motivares em todos os momentos.

Por fim, quero agradecer a todos os meus amigos por terem partilhado comigo estes anos inesquecíveis.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

A presente dissertação foi realizada no âmbito do projeto de conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial e foi desenvolvida numa empresa produtora de capas de assentos para a indústria automóvel. O principal objetivo desta dissertação foi a melhoria do desempenho dos postos de trabalho, recorrendo à aplicação combinada de ferramentas *Lean Production* e de Ergonomia.

A metodologia de investigação utilizada foi a *Action Research*. Numa fase inicial foi realizada uma descrição e análise crítica do processo produtivo, com a aplicação de ferramentas de diagnóstico como o método *Ergonomic Workplace Analysis* (EWA), a realização de um estudo de tempos e a análise de indicadores de desempenho. Estas análises, juntamente com os problemas detetados no dia-a-dia no chão de fábrica permitiram a identificação de problemas como balanceamentos desequilibrados, ineficiência do abastecimento de pequenos materiais e elevados tempos de espera e movimentações. Para além disto, através da aplicação de métodos de avaliação ergonómica, como o *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), tornou-se possível identificar postos de trabalho suscetíveis a lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT).

De seguida, foram apresentadas propostas de melhoria com o objetivo de minimizar os desperdícios verificados nas diferentes secções da empresa. Foram implementados novos balanceamentos e reconfigurados os *layouts* das células e foram introduzidos bordos de linha. Para o funcionamento dos bordos de linha, tornou-se imperativo delinear como seria realizado o reabastecimento dos componentes, optando-se por adotar o sistema de duas caixas. Procedeu-se ainda à reorganização do armazém dos pequenos materiais, com a aplicação da técnica 5S. Por fim, foi reconfigurado o *layout* do pavilhão de corte de couro e criada uma ferramenta de controlo dos indicadores de qualidade.

A implementação destas ações permitiu aumentar os níveis de produtividade no setor de costura, sendo que numa das células aumentou 33% e na outra 31%, num período de cinco semanas. Com a introdução dos bordos de linha na célula piloto verificou-se uma melhoria na avaliação RULA de 7 para 3 valores e reduziu-se o *stock* de pequenos materiais em 50%. Paralelamente, a alteração do *layout* de corte de couro aumentou a área disponível para o processo de costura em 420m<sup>2</sup> e permitiu reduzir a distância percorrida pelas peças NOK em 90%. A monitorização dos indicadores de qualidade nas operações auxiliares possibilitou a identificação de medidas corretivas que reduziu em 46% o número de defeitos.

## PALAVRAS-CHAVE

*Lean Production*, Ergonomia, *Standard Work*, Melhoria Contínua

## ABSTRACT

This dissertation was written under the context of the Integrated Master in Industrial Engineering and Management conclusion project and was developed in a seat covers producing enterprise for the automobile industry. The main aim of this dissertation was the improvement of work posts performance, recurring to the combined application of Lean Production tools and Ergonomics.

The investigation methodology used was the Action Research. In an initial phase a description and critical analysis of the productive process was executed, applying diagnostic tools such as EWA method, and additionally a study of times and a performance indicators analysis was executed too. These analyses, along with the detected day-to-day problems on the shop floor allowed the identification of problems such as maladjusted cell balances, small materials inefficient supplying and long waiting times and movements. In addition to this, through the application of ergonomic assessment methods such as RULA method, it was possible to identify workers susceptible to work-related musculoskeletal injuries.

Next, proposals of improvement were presented with the purpose of minimizing waste found on the different factory sections. New cell balancing was implemented and cells layouts were reconfigured, such as border lines were introduced. To the functioning of border lines, it was imperative to delineate how replenishment of the components would be executed, choosing to adopt the two bins system. Furthermore, the small materials storage reorganization was done applying the 5S technic. At last, the leather cutting section was reorganized and a quality indicators control tool was created.

The implementation of this actions allowed the sewing sector's productivity levels to increase, being that one of the cells increased to 33% and another to 31% in a period of five weeks. With the introduction of border lines in the pilot cell, an improvement of the RULA evaluation from 7 to 3 points was verified and the stock of small materials was shortened in 50%. Along with the former, the alteration of the leather cut layout enlarged the available area for the sewing process in 420m<sup>2</sup> and allowed the reduction of the NOK pieces' covered distance by 90%. The monitoring of the auxiliary operations' quality indicators made it possible to identify the corrective measurements that reduced the number of defects by 46%.

## KEYWORDS

Lean Production, Ergonomics, Standard Work, Continuous Improvement

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Declaração de Integridade .....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas .....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xviii
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão bibliográfica .....	6
2.1 <i>Lean Production</i> .....	6
2.1.1 Casa TPS .....	7
2.1.2 Tipos de desperdício.....	8
2.1.3 Princípios <i>Lean Thinking</i> .....	9
2.2 Ferramentas <i>Lean</i> .....	10
2.2.1 <i>Kaizen</i> .....	10
2.2.2 Técnica 5S e Gestão Visual.....	11
2.2.3 <i>Standard Work</i> .....	12
2.2.4 Bordo de linha .....	13
2.3 Tipos de sistemas de produção .....	14
2.3.1 Configurações genéricas de sistemas de produção.....	14
2.3.2 Tipos de células de produção.....	15
2.3.3 Células de Produção.....	15
2.3.4 Projeto detalhado de células .....	16
2.4 Sinergia entre <i>Lean</i> e Ergonomia .....	19
2.5 Métodos de análise e avaliação de risco – Ergonomia .....	20

2.5.1	Questionários de autoavaliação .....	20
2.5.2	Métodos observacionais.....	21
2.5.3	Métodos de medição direta.....	21
2.6	Método EWA .....	21
2.7	Método RULA.....	23
2.8	Equação de NIOSH .....	24
3.	Apresentação da empresa.....	27
3.1	Identificação e localização .....	27
3.2	Breve história .....	28
3.3	Clientes.....	28
3.4	Matéria-prima e produtos .....	29
3.4.1	Matéria-prima .....	29
3.4.2	Produtos .....	29
3.5	Descrição do sistema produtivo .....	30
3.5.1	Armazém.....	30
3.5.2	Corte de tecidos e outros materiais .....	31
3.5.3	Corte de couro, faceamento e laminação .....	32
3.5.4	Costura automática .....	33
3.5.5	Preparação.....	33
3.5.6	Costura .....	34
3.5.7	Embalagem e Expedição.....	35
3.5.8	<i>Milkrun</i> .....	35
4.	Descrição e análise da situação atual .....	37
4.1	Objetos de estudo .....	37
4.2	Escolha e descrição do modelo em estudo - Produção .....	38
4.2.1	Escolha do modelo .....	39
4.2.2	Equipas de produção – AF <i>Sport</i> Mini F60 .....	40
4.2.3	Processo de fabrico e gama operatória.....	41
4.2.4	Cálculo da produtividade.....	43
4.2.5	Análise ergonómica do trabalho .....	44



4.3	Análise crítica e identificação de problemas na secção de costura .....	46
4.3.1	Problemas associados às equipas de produção .....	46
4.3.2	Balanceamentos desequilibrados .....	48
4.3.3	Layout das mesas de trabalho desadequado .....	51
4.3.4	Elevado tamanho dos lotes de produção .....	53
4.3.5	Falta de trabalho <i>standard</i> nas células de produção .....	53
4.3.6	Falta de controlo sobre o abastecimento dos pequenos materiais .....	54
4.3.7	Posto de trabalho com pequenos materiais desorganizados e com difícil acesso.....	54
4.4	Análise crítica e identificação de problemas na secção da preparação e corte de couro .....	57
4.4.1	Falta de organização e de polivalência dos operadores da zona de preparação .....	57
4.4.2	Problemas no abastecimento à produção na troca de turno.....	58
4.4.3	Ausência de Gestão Visual e Avaliação MMC no Armazém dos Pequenos Materiais ....	59
4.4.4	Inspeção de peles no pavilhão do corte de couro e desaproveitamento do espaço fabril 63	
4.4.5	Falta de controlo sob os defeitos nas operações auxiliares.....	64
4.5	Síntese dos problemas .....	64
5.	Apresentação das propostas de melhoria .....	66
5.1	Reorganização do processo de enchimento para o pavilhão da preparação .....	67
5.2	Projeto de células.....	67
5.2.1	Formação de novas famílias de produtos .....	67
5.2.2	Instanciação e agrupamento de máquinas .....	68
5.2.3	Instanciação de postos de trabalho .....	68
5.2.4	Organização intracelular e controlo .....	70
5.2.5	Introdução de bordos de linha no posto de trabalho .....	73
5.3	Abastecimento de pequenos materiais por sistema “duas caixas” .....	75
5.3.1	Dimensionamento da proposta .....	75
5.3.2	Reorganização do armazém dos pequenos materiais e aplicação da técnica 5S.....	79
5.3.3	Novo carrinho de abastecimento de pequenos materiais .....	81
5.3.4	Avaliação do risco na MMC no armazém dos pequenos materiais após implementações	

5.4	Otimização do processo de preparação de materiais.....	85
5.4.1	Redução de um operador na preparação de OF's de SA.....	85
5.4.2	Plano de rotatividade dos distribuidores .....	86
5.4.3	Introdução do turno contínuo .....	86
5.5	Alteração do <i>layout</i> do corte de couro .....	87
5.5.1	Transferência do processo de inspeção de peles para o armazém de matéria-prima ...	87
5.5.2	Inclusão das operações auxiliares no pavilhão de corte de couro .....	88
5.6	Criação de uma ferramenta de controlo dos defeitos.....	89
6.	Análise e discussão dos resultados.....	93
6.1	Aumento da produtividade das equipas de produção em estudo .....	93
6.1.1	Aumento da flexibilidade das equipas de produção.....	93
6.1.2	Redução dos tempos de ciclo.....	93
6.1.3	Tempos de operação mais equilibrados entre os operadores .....	94
6.1.4	Simplificação dos fluxos de peça e redução da distância percorrida .....	94
6.1.5	Aumento da produtividade .....	95
6.1.6	Redução do tamanho de lote .....	96
6.1.7	Ganhos com o novo posto de trabalho .....	96
6.2	Melhor organização e limpeza e melhores condições ergonómicas .....	97
6.2.1	Redução do <i>stock</i> de pequenos materiais no posto de trabalho .....	97
6.2.2	Melhor organização e limpeza.....	98
6.2.3	Diminuição do risco de aparecimento de LMERT por MMC.....	98
6.3	Redução do tempo improdutivo na preparação de OF's .....	98
6.4	Redução de distâncias e maior aproveitamento do espaço fabril .....	99
6.5	Redução do número de defeitos das máquinas de costura semiautomática.....	100
7.	Conclusão .....	101
7.1	Considerações finais .....	101
7.2	Trabalho futuro .....	104
	Referências Bibliográficas .....	105
	Anexo I – <i>Layout</i> da unidade produtiva de Joane 2.....	110

Anexo II – Procura de carros na unidade produtiva de Joane 2.....	111
Anexo III – Processo de Fabrico e gama operatória das variantes do AF <i>Sport</i> Mini F60 .....	112
Anexo IV – Folha de auxílio para o questionário do EWA .....	119
Anexo V – Questionário Nórdico Musculoesquelético .....	120
Anexo VI – Balanceamento, <i>layout</i> e fluxo de peça atual da equipa 43H .....	121
Anexo VII – Balanceamento, <i>layout</i> e fluxo de peça atual da equipa 43G .....	126
Anexo VIII – Avaliação RULA do posto de trabalho .....	132
Anexo IX – Estudo de Tempos .....	135
Anexo X – Dados relevantes para a aplicação da Equação de NIOSH no Armazém dos Pequenos Materiais .....	138
Anexo XI – Balanceamentos implementados na equipa 43H e 43G .....	140
Anexo XII – Novo <i>layout</i> de máquinas e fluxo de peça para as equipas 43H e 43G .....	150
Anexo XIII – Folhas de <i>Standard Work</i> relativas às equipas de produção 43H e 43G.....	151
Anexo XIV – Avaliação RULA do novo posto de trabalho com pequenos materiais .....	160
Anexo XV – Capacidade da caixa <i>standard</i> e quantidade de caixas no posto de trabalho .....	161
Anexo XVI – Fórmulas excel utilizadas para a criação da ferramenta de controlo.....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da Action-Research (adaptado de (O'Brien, 1998)) .....	3
Figura 2 - Casa do TPS (adaptado de (Liker & Morgan, 2006)) .....	7
Figura 3 - Princípios Lean Thinking .....	9
Figura 4 - Relação da quantidade produzida com a variabilidade de artigos (retirado de (Alves, 2008)) .....	15
Figura 5 - Tipo de orientação de fluxo de produção (retirado de (Alves, 2008)) .....	15
Figura 6 - Projeto detalhado (retirado de Alves (2008)) .....	17
Figura 7 - Níveis de ação do método RULA adaptado de (McAtmney & Corlett, 1993) .....	24
Figura 8 - Equação NIOSH'91 e principais distâncias aplicadas adaptado de (Colim, 2009) .....	25
Figura 9 - Edifício principal da Coindu – Joane .....	27
Figura 10 - Principais clientes da Coindu.....	29
Figura 11 - Capas de assentos produzidas pela Coindu .....	29
Figura 12 - Designação das capas de assento .....	30
Figura 13 - Armazém de matéria-prima (cavaletes de couro) .....	31
Figura 14 - Máquina de corte automático de tecidos - Lectra .....	31
Figura 15 - Máquina de corte automático de couro (Versalis).....	32
Figura 16 - Máquina KSL .....	33
Figura 17 - Carruagens de abastecimento da produção – Milkrun.....	34
Figura 18 - Pavilhão de costura manual. ....	34
Figura 19 - Expedição .....	35
Figura 20 - Comboio logístico.....	36
Figura 21 - Layout secção de costura de joane 2.....	38
Figura 22 - Previsão da procura em carros.....	38
Figura 23 - Identificação das equipas em estudo .....	40
Figura 24 - Processo de fabrico - AF Sport Yours Mini F60.....	41
Figura 25 - Autoavaliação do posto de trabalho .....	44
Figura 26 - Prevalência de queixas musculoesqueléticas nos últimos 7 dias na equipa 43H (n = 10) .	46
Figura 27 - Layout máquinas de enchimento e equipa 43H e 43G.....	48
Figura 28 - Taxa de ocupação e tempos de ciclo atuais da equipa 43H – variante Yours.....	49

Figura 29 - Taxa de ocupação e tempos de ciclo atuais da equipa 43G – variante Stoff Dinamica .....	50
Figura 30 - Layout e fluxo de peça da equipa 43H - variante Yours .....	51
Figura 31 - Layout e fluxo de peça da equipa 43G - variante Stoff Dinamica e Black Pearl .....	52
Figura 32 - Caixa atual de abastecimento dos pequenos materiais.....	54
Figura 33 - Posto de trabalho com stock de pequenos materiais em caixas .....	55
Figura 34 - Postura sujeita a avaliação RULA -Tarefa 1 .....	56
Figura 35 - Layout atual do pavilhão da preparação.....	57
Figura 36 - Armazém dos pequenos materiais - AF Mini F60 .....	60
Figura 37 - Carrinho de abastecimento dos pequenos materiais .....	60
Figura 38 - Tarefa nº3 de MMC.....	61
Figura 39 - Layout atual do pavilhão de corte de couro com o processo de inspeção de peles.....	64
Figura 40 - Ocupação dos operadores com o novo balanceamento – variante Yours .....	69
Figura 41 - Novo layout e fluxo de peça - variante Yours, Chester e Lounge.....	71
Figura 42 - Desenho do novo posto de trabalho e dimensões da caixa standard.....	73
Figura 43 - Novo posto de trabalho de aplicação de pequenos materiais.....	74
Figura 44 - Esquema do funcionamento do sistema de duas caixas.....	78
Figura 45 - Organização do armazém dos pequenos materiais .....	80
Figura 46 - Local de armazenamento das telas de airbag antes e depois da aplicação da técnica 5S .	80
Figura 47 - Identificação dos materiais presentes nas caixas standard .....	81
Figura 48 - Prateleira com os pequenos materiais aplicados no Lounge, Yours e Chester.....	81
Figura 49 - Novo carrinho de abastecimento dos pequenos materiais .....	83
Figura 50 - Inspeção das peles no armazém de matéria-prima .....	87
Figura 51 - Novo layout do pavilhão de corte de couro.....	89
Figura 52 - Folha de cálculo número 1: Inserir Daily Letter .....	90
Figura 53 - Folha de cálculo número 2: Inserir defeitos .....	90
Figura 54 - Botão "Atualizar Top 3" para obter os principais defeitos .....	91
Figura 55 - Cones de linha inclinados e redução de lâminas de 5 para 2mm .....	92
Figura 56 - Evolução dos níveis de produtividade - Equipa 43G.....	95
Figura 57 - Evolução dos níveis de produtividade - Equipa 43H.....	96
Figura 58 - Espaço libertado pelas operações auxiliares no pavilhão da preparação .....	100
Figura 59 - Evolução da taxa de defeitos provocados nas operações auxiliares.....	100
Figura 60 - Layout da unidade produtiva de Joane.....	110

Figura 61 - Processo de fabrico da variante Lounge e Chester .....	113
Figura 62 - Processo de fabrico da variante Double Stripe .....	114
Figura 63 - Processo de fabrico da variante Kunst .....	115
Figura 64 - Processo de fabrico da variante Cross Punch .....	116
Figura 65 - Processo de fabrico da variante Stoff Dinamica.....	117
Figura 66 - Processo de fabrico da variante Black Pearl.....	118
Figura 67 - Folha de auxilio para a avaliação do posto de trabalho - EWA.....	119
Figura 68 - Questionário Nórdico Musculoesquelético na versão traduzida para a população portuguesa .....	120
Figura 69 - Histórico de lesões relacionadas com o trabalho nos últimos 12 meses .....	120
Figura 70 - Taxa de ocupação e tempos de ciclo atuais da equipa 43H – variante Lounge e Chester	124
Figura 71 - Layout e fluxo atual de peça da equipa 43H - variante Lounge e Chester.....	125
Figura 72 - Layout e fluxo de peça da equipa 43G - variante Kunst, Double Stripe e Cross Punch.....	131
Figura 73 - Posturas sujeitas a avaliação RULA – a) Tarefa 2; b) Tarefa 3; c) Tarefa 4 .....	132
Figura 74 - Novo layout e fluxo de peça - variante Double Stripe, Kunst, Cross Punch, Black Pearl e Stoff Dinamica.....	150
Figura 75 - Folha de standard work (P01/P02) .....	151
Figura 76 - Folha de standard work (P03/P04) .....	152
Figura 77 - Folha de standard work (P05) .....	153
Figura 78 - Folha de standard work (P06) .....	154
Figura 79 - Folha de standard work (P07) .....	155
Figura 80 - Folha de standard work (P08/P09) .....	156
Figura 81 - Folha de standard work (P10) .....	157
Figura 82 - Folha de standard work (P11) .....	158
Figura 83 - Folha de standard work (P12) .....	159
Figura 84 - Caixa standard.....	161

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Variantes Mini F60 .....	39
Tabela 2 - Agrupamento de variantes a produzir na equipa 43H e 43G .....	40
Tabela 3 - Gama operatória - AF Sport Yours Mini F60 .....	41
Tabela 4 - Gama operatória - AF Sport Yours Mini F60 (continuação) .....	42
Tabela 5 - Cálculo da Produtividade por equipa de produção .....	43
Tabela 6 - Produtividade média durante a semana 11 de 2019 .....	43
Tabela 7 - Resumo dos resultados do EWA (analista) .....	45
Tabela 8 - Número de enchimentos por variante - AF Sport Mini F60 .....	47
Tabela 9 - Quantificação dos fatores que motivam a inadequação do layout da equipa 43H .....	52
Tabela 10 - Quantificação dos fatores que motivam a inadequação do layout da equipa 43G .....	53
Tabela 11 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 1 .....	56
Tabela 12 - Polivalências dos operadores da zona da preparação de materiais .....	58
Tabela 13 - Descrição das tarefas de MMC e outras medições necessárias para a aplicação da equação de NIOSH .....	61
Tabela 14 - Equação de NIOSH - Inputs recolhidos para o nível superior do carrinho de abastecimento .....	62
Tabela 15 - PLR e IE das tarefas de manipulação manual de cargas para o nível superior do carrinho .....	62
Tabela 16 - Síntese dos problemas identificados .....	65
Tabela 17 - Plano de ação 5W2H para os problemas identificados .....	66
Tabela 18 - Processos de formação realizados .....	70
Tabela 19 - Quantificação dos fatores em análise após a implantação do novo layout .....	72
Tabela 20 - Dimensões antropométricas da população masculina portuguesa (retirado de (Barroso et al., 2005)) .....	82
Tabela 21 - Descrição das tarefas de MMC avaliadas pela Equação de NIOSH'91 .....	84
Tabela 22 - PLR e IE das tarefas de MMC para o nível superior do carrinho (após implementações) .....	84
Tabela 23 - Cálculo do número de preparadores necessários .....	85
Tabela 24 - Plano de rotatividade para a primeira semana – preparação de materiais .....	86
Tabela 25 - Medidas corretivas para a prevenção de defeitos .....	91
Tabela 26 - Redução do tempo de ciclo após a implementação dos novos balanceamentos .....	93
Tabela 27 - Discrepância entre a taxa de ocupação dos operadores .....	94

Tabela 28 - Ganhos associados à alteração de layout das equipas.....	94
Tabela 29 - Avaliação RULA do antigo e do novo posto de trabalho.....	97
Tabela 30 - Quadro resumo da redução do risco de LMERT no armazém dos pequenos materiais.....	98
Tabela 31 - Procura de carros entre 1 de setembro a 31 de dezembro de 2018.....	111
Tabela 32 - Gama operatória - AF Sport Lounge e Chester Mini F60.....	112
Tabela 33 - Gama operatória - AF Sport Lounge e Chester Mini F60 (continuação).....	113
Tabela 34 - Gama operatória - AF Sport Double Stripe Mini F60.....	114
Tabela 35 - Gama operatória - AF Sport Kunst Mini F60.....	115
Tabela 36 - Gama operatória - AF Sport Cross Punch Mini F60.....	116
Tabela 37 - Gama operatória - AF Sport Stoff Dinamica Mini F60.....	117
Tabela 38 - Gama operatória - AF Sport Black Pearl Mini F60.....	118
Tabela 39 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Yours.....	121
Tabela 40 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Yours (continuação).....	122
Tabela 41 - Indicadores de produção - Variante Yours.....	122
Tabela 42 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Chester e Lounge.....	123
Tabela 43 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Chester e Lounge (continuação).....	124
Tabela 44 - Indicadores de produção - Variante Chester e Lounge.....	124
Tabela 45 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Stoff Dinamica.....	126
Tabela 46 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Kunst.....	127
Tabela 47 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Double Stripe.....	128
Tabela 48 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Cross Punch.....	129
Tabela 49 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Black Pearl.....	130
Tabela 50 - Taxa de ocupação atual dos operadores da equipa 43G.....	131
Tabela 51 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 2.....	132
Tabela 52 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 3.....	133
Tabela 53 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 4.....	134
Tabela 54 - Lista de tarefas dos distribuidores.....	135
Tabela 55 - Número mínimo de medições - Estudo de Tempos.....	136
Tabela 56 - Correções variáveis.....	136
Tabela 57 - Tempo Padrão obtido através do Estudo de Tempos.....	137
Tabela 58 - Dimensões do carrinho de abastecimento atual dos pequenos materiais.....	138
Tabela 59 - Dimensão das caixas de cartão com pequenos materiais.....	138



Tabela 60 - Equação de NIOSH - Inputs recolhidos para o nível intermédio do carrinho de abastecimento .....	138
Tabela 61 - PLR e IE das tarefas de manipulação manual de cargas para o nível intermédio do carrinho .....	139
Tabela 62 - Equação de NIOSH - Inputs recolhidos para o nível inferior do carrinho de abastecimento .....	139
Tabela 63 - PLR e IE das tarefas de manipulação manual de cargas para o nível inferior do carrinho	139
Tabela 64 - Balanceamento implementado - Variante Yours.....	140
Tabela 65 - Balanceamento implementado - Variante Yours (continuação) .....	141
Tabela 66 - Balanceamento implementado - Variante Chester e Lounge.....	142
Tabela 67 - Balanceamento implementado - Variante Chester e Lounge (continuação) .....	143
Tabela 68 - Balanceamento implementado - Variante Kunst .....	144
Tabela 69 - Balanceamento implementado - Variante Double Stripe.....	145
Tabela 70 - Balanceamento implementado - Variante Cross Punch .....	146
Tabela 71 - Balanceamento implementado - Variante Stoff Dinamica .....	147
Tabela 72 - Balanceamento implementado - Variante Black Pearl .....	148
Tabela 73 - Taxa de ocupação dos operadores segundo os balanceamentos implementados .....	149
Tabela 74 - Avaliação RULA do novo posto de trabalho de aplicação dos pequenos materiais .....	160
Tabela 75 - Sistema de "duas caixas" (parâmetros a quantificar).....	162
Tabela 76 - Fórmula utilizada para obter o nome do modelo de produção de cada peça .....	163

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AF – Assento Frontal

AFD – Assento Frontal Direito

AFE – Assento Frontal Esquerdo

AR – *Action Research*

ATC – Assento Traseiro Central

ATD – Assento Traseiro Direito

ATE – Assento Traseiro Esquerdo

CPS – *Coindu Production System*

EF – Encosto Frontal

EFD – Encosto Frontal Direito

EFE – Encosto Frontal Esquerdo

ET – Encosto Traseiro

ETD – Encosto Traseiro Direito

ETE – Encosto Traseiro Esquerdo

EWA – *Ergonomic Work Analysis*

FIFO – *First In First Out*

IB – Imagem de Base

IE – Índice de Elevação

IEC – Índice de Elevação Composto

JIT – *Just In Time*

LMERT – Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho

MMC – Manipulação Manual de Cargas

NIOSH – *National Institute for Occupational Safety and Health*

OF – Ordem de Fabrico

PDCA – *Plan Do Check Act*

PLR – Peso Limite Recomendado

PP – Pontos Percentuais

PPMM – *Product Planning, Making and Managing*

PVC – Policloreto de Vinil

QNME – Questionário Nórdico Musculoesquelético

RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

SA – Semiacabado

SIAP – Sistema Integrado de Apoio à Produção

SPOF – Sistemas de Produção Orientados à Função

SPOP – Sistemas de Produção Orientados ao Produto

TNT – Tecido Não Tecido

MMC – Movimentação Manual de Cargas

TPS – *Toyota Production System*

UM – Unidades Monetárias

WIP – *Work In Progress*

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo fazer um enquadramento teórico do tema proposto, bem como referir os principais objetivos deste projeto. Para além disso, aborda ainda a metodologia de investigação utilizada e, por fim, está presente a estrutura desta dissertação.

## 1.1 Enquadramento

O mercado competitivo tem sofrido grandes alterações ao longo dos anos, estando em constante evolução. A inovação e a constante melhoria dos processos evidenciaram-se fundamentais para o sucesso de todas as empresas, combatendo as flutuações da procura e aumentando a variabilidade dos produtos. A capacidade de produzir mais com menos recursos, de uma forma sustentável e com elevados padrões de qualidade tornou-se uma abordagem quase transversal a todas as organizações na forma de gerir os seus produtos e serviços (Váncza et al., 2011). Posto isto, torna-se essencial para todas as empresas a proatividade em busca de novos métodos de produção e, principalmente, a tentativa de chegar mais facilmente ao cliente, que cada vez mais procura produtos personalizados e com prazos de entrega mais curtos.

O conceito de *Lean Production* ou *Lean Manufacturing* surgiu no Japão, após a segunda guerra mundial, usado para caracterizar o *Toyota Production System* (TPS) (Ohno, 1988). Esta designação teve origem depois da publicação de um livro que se tornou *best-seller* "*The Machine that Changes the World*" (Womack, Jones, & Roos, 1990) baseado na ideia "*do more with less*". O modelo TPS retrata o processo de produção da *Toyota Motor Company*, empresa que se afirmou como uma das maiores no setor automóvel, destacando-se das congéneres americanas através da adoção de um novo modelo organizacional (Womack et al., 1990).

A principal finalidade da metodologia *Lean* é eliminar tudo o que é desperdício (muda em japonês), isto é, tudo aquilo que gasta recursos e dinheiro e não acrescenta valor na perspetiva do cliente (Liker & Morgan, 2006). Ohno (1988) enunciou os sete desperdícios existentes ao longo de uma cadeia de valor que são: excesso de *stock*, sobreprodução, tempos de espera entre processos, transportes, defeitos, movimentações dos colaboradores e sobreprocessamento.

Muitas empresas já têm o seu sistema de produção organizado em células, o que permite maior agilidade à mudança e responder de forma mais rápida e eficaz aos pedidos dos clientes (Rao, Pham, & Gu, 1999).

Assim, a implementação de células de produção aliadas ao pensamento *Lean* e ao uso das suas mais diversas técnicas pode tornar-se uma mais-valia em relação à concorrência (Dinis-Carvalho et al., 2015).

Com efeito, alguns autores têm realçado a importância da implementação de ferramentas *Lean* apoiada em estudos/avaliações ergonómicas, isto devido às mudanças efetuadas nos postos de trabalho, que ao diminuírem os tempos de ciclo e a variedade das tarefas, geram fadiga física e psicológica aumentando a propensão a lesões durante o turno de trabalho (Landsbergis, Cahill, & Schnall, 1999).

A presente dissertação foi desenvolvida na Coindu, empresa que produz capas de assentos para automóveis e que tem sede em Joane. Este estudo realizou-se na unidade de Joane II no departamento de melhoria contínua e visa a análise e melhoria de postos de trabalho baseado na aplicação de ferramentas *Lean Production*, como forma de eliminar desperdícios nos processos.

A aplicação de ferramentas de Ergonomia, será feita ao longo deste projeto, por exemplo, através do diagnóstico dos principais problemas/riscos ocupacionais e de análises posturais, perspetivando o aumento da satisfação e bem-estar dos trabalhadores, bem como o aumento da produtividade.

## 1.2 Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo a melhoria de postos de trabalho e a redução dos desperdícios associados aos mesmos, isto com o auxílio de ferramentas *Lean*, não descurando os princípios ergonómicos. No que diz respeito aos objetivos específicos pretende-se:

- Estudar os *layouts* existentes e o fluxo das peças;
- Aplicar novos balanceamentos nas células de produção;
- Implementar bordos de linha no posto de trabalho dos pequenos materiais;
- Identificar desperdícios como movimentações, *stocks*, transportes, esperas e defeitos.

Com o decorrer do projeto e após a fase de análise espera-se:

- Minimizar a distância percorrida pelas peças;
- Aumentar a produtividade das equipas de produção;
- Melhorar o fluxo de materiais e de pessoas;
- Reduzir os tempos não produtivos;
- Reduzir a variabilidade dos processos;

- Reduzir o número de produtos não conformes;
- Contribuir para a prevenção da sinistralidade e/ou de Lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho.

### 1.3 Metodologia de investigação

Na escrita de uma dissertação, torna-se necessário ter o trabalho bem planeado, bem como uma metodologia de investigação bem identificada. Neste projeto de dissertação recorreu-se à metodologia *Action Research* (AR) que consegue conjugar a componente prática (ação) com a teórica (pesquisa). Normalmente conhecida pela expressão “*learning by doing*”, é a que melhor traduz a abordagem ao problema (O’Brien, 1998). Esta estratégia requer o envolvimento e a colaboração de todos os membros do projeto, não só do investigador, mas também de todos os outros envolvidos, sendo uma abordagem participativa e interativa, requerendo cooperação entre os investigadores e “clientes”, bem como ajustes contínuos a novas informações e eventos (Coughlan & Coughlan, 2002).

Na Figura 1 está presente o ciclo de 5 etapas da metodologia AR: diagnóstico do problema, planeamento de ações, implementação de ações, avaliação dos resultados e especificação da aprendizagem (Susman & Evered, 1978).

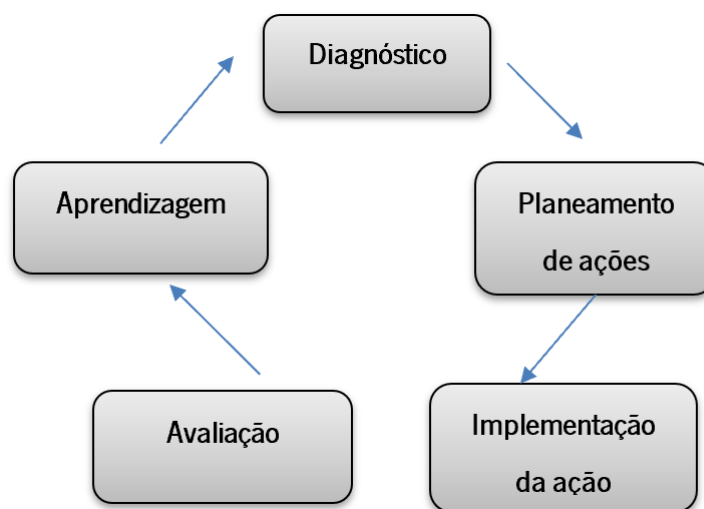


Figura 1 - Etapas da Action-Research (adaptado de (O'Brien, 1998))

Na primeira etapa da metodologia AR realizou-se o diagnóstico e a análise crítica do estado atual da empresa, onde primeiramente procurou-se perceber e assimilar todos os processos que são desenvolvidos nas diversas secções da Coindu, mais precisamente na secção de corte de couro, na zona de preparação e na produção. Nesta fase tornou-se essencial conhecer o fluxo de materiais entre secções e fazer uma análise crítica sobre potenciais focos de melhoria, identificando os desperdícios existentes.

Para isso, realizou-se um estudo sobre o atual balanceamento das células de produção e o fluxo de peça associado ao *layout* de máquinas existente. Foi aplicado o método EWA numa célula de produção para verificar as condições ergonómicas dos postos de trabalho, juntamente com a aplicação de métodos de avaliação ergonómica como o RULA e a Equação de NIOSH'91.

Seguidamente, passou-se à elaboração de propostas de melhoria para os problemas identificados. Procedeu-se ao rebalanceamento e ao agrupamento de variantes dentro da mesma célula de produção, diminuindo assim o tempo de ciclo e eliminando desperdícios naturais do processo. Foi ainda proposto a introdução de bordos de linha nos postos de aplicação de pequenos materiais, juntamente com o abastecimento por sistema de duas caixas. A acrescentar, foi feita uma proposta de novo *layout* para a secção do corte de couro e foi otimizado o processo de preparação de materiais, com a finalidade de reduzir as movimentações e eliminar tempos não produtivos. Simultaneamente, analisaram-se potenciais melhorias nas condições do trabalho dos colaboradores, mais precisamente ao nível da Manipulação Manual de Cargas (MMC) e da postura adotada durante o trabalho.

Na terceira etapa, decorreu a implementação das ações estudadas durante a segunda fase, com uma posterior análise dos indicadores de desempenho. Este processo foi efetuado várias vezes até serem atingidos resultados altamente satisfatórios.

Posteriormente, avaliaram-se os resultados obtidos, sendo feita a comparação dos indicadores de desempenho iniciais (antes da implementação das ações) e após as melhorias serem aplicadas, onde foram estabelecidos novos objetivos para trabalhos futuros, dando continuidade ao trabalho e, por isso, continuar num processo de melhoria continua, que estará presente em todas as fases do projeto.

Por fim, foi realizada a redação da dissertação, onde foram descritas todas as fases do projeto e discutidos os resultados obtidos.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

O presente projeto encontra-se dividido em 7 capítulos.

No primeiro, apresenta-se o enquadramento teórico do tema do projeto, os objetivos são apresentados e a metodologia de investigação é descrita. No capítulo seguinte é realizada a revisão da literatura dos conceitos considerados preponderantes para a realização deste projeto. No capítulo três encontra-se uma breve introdução da empresa onde foi realizado este projeto, bem como uma descrição do processo produtivo e das diferentes secções da mesma. Seguidamente, no quarto capítulo são descritos e

analisados os principais problemas encontrados. O quinto capítulo visa a apresentação e explicação das propostas de melhoria para os problemas encontrados no capítulo anterior.

No capítulo seis é feita uma análise e discussão das propostas de melhoria implementadas, e são comparados os indicadores de desempenho antes e depois da implementação das mesmas.

Por fim, no sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões deste projeto, assim como sugestões acerca de possíveis trabalhos futuros.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta as principais temáticas consideradas relevantes para o sucesso deste projeto de dissertação. Primeiramente, começou-se com uma breve introdução à história do *Lean Production*, seguidamente abordar-se-á alguns dos principais conceitos da metodologia *Lean*, como a *Casa* do TPS, os sete desperdícios e o pensamento segundo os ideais desta filosofia (*Lean Thinking*). Seguidamente, serão apresentadas ferramentas *Lean Production* relevantes para a elaboração deste projeto, sendo que também refere a importância de relacionar estes conceitos com as condições de trabalho dos colaboradores, de modo a atingir os objetivos propostos.

### 2.1 *Lean Production*

O conceito de *Lean Production* surgiu através da publicação do livro *“The machine that changed the world”* (Womack et al., 1990) como forma de descrever o sistema de produção da *Toyota*, o TPS. Este modelo organizacional tem como meta a criação de valor do ponto de vista do cliente, eliminando os desperdícios existentes. Segundo o autor, o objetivo da empresa japonesa centrava-se em *“doing more with less”* a partir da combinação de equipas de trabalhadores polivalentes e especializados em todos os níveis da organização, aliados a máquinas cada vez mais automatizadas (Womack et al., 1990).

O modelo organizacional das grandes empresas da indústria automóvel até meados do século XX era baseado na produção contínua de grandes quantidades de artigos iguais, denominada produção em massa. Esta estratégia de produção surgiu após a Primeira Guerra Mundial quando Henry Ford e Alfred Sloan, presidente da *General Motors*, abandonaram a produção artesanal de automóveis e montaram uma linha de montagem contínua, onde os produtos (automóveis) eram processados ao longo da mesma. Um dos principais obstáculos às linhas de produção em série é o facto de produzirem grande quantidade de artigos de um mesmo modelo, sem grande variabilidade (Womack et al., 1990). Isto levava a uma elevada taxa de produção e, desta maneira, a preços mais apelativos.

Em meados do século XX, mais concretamente após a Segunda Guerra Mundial, houve uma grande crise económica que afetou vários países, incluindo o Japão. Isto levou as empresas a adotarem novas estratégias, de modo a permanecerem competitivas num mercado em que havia menos recursos materiais, financeiros e humanos, tornando-se o anterior modelo incompatível com a realidade japonesa. Devido às condições de baixa procura e para se adaptarem à realidade do mercado, surgiu a necessidade de produzir pequenas quantidades de grandes variedades de produtos (Ohno, 1988).

No âmbito de melhorarem o seu sistema produtivo, os engenheiros da Toyota desenvolveram o TPS, que assenta na premissa que o valor do produto, na perspetiva do cliente, é apenas uma escassa parte do tempo e recursos gastos de um processo. A *Toyota* produzia automóveis mais rapidamente e com maior qualidade e fiabilidade, através da eliminação de desperdícios em todas as áreas da cadeia de valor da gigante japonesa (Womack et al., 1990). A designação *Lean Production* surgiu anos mais tarde, aquando da divulgação do livro “*The machine that changed the world*” (Womack et al., 1990) e tornou-se no principal paradigma da produção moderna (Liker & Lamb, 2000).

### 2.1.1 Casa TPS

Os princípios do *Toyota Production System* foram representados através da casa do TPS (Figura 2), que se tornou icónica no mundo da manufatura. Está sob a forma de uma casa porque para esta ser estável e firme, o telhado, os pilares e a base também têm de o ser.

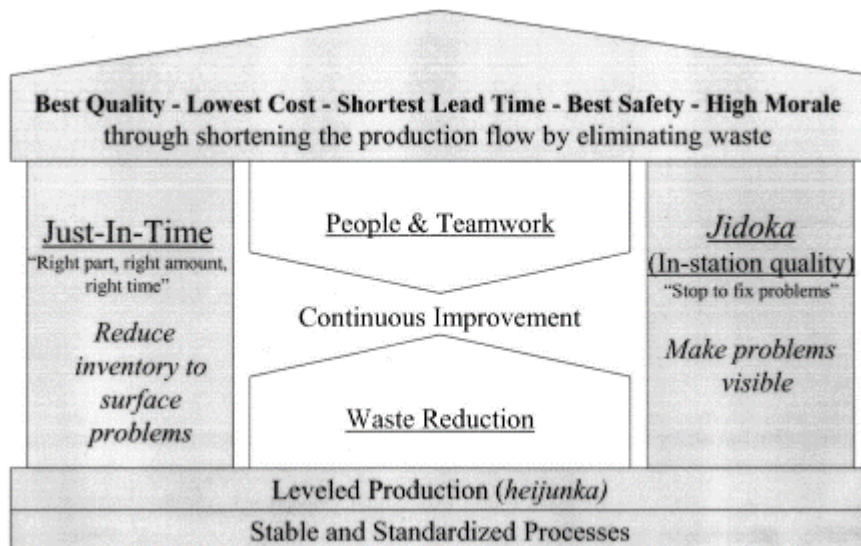


Figura 2 - Casa do TPS (adaptado de (Liker & Morgan, 2006)

O objetivo do TPS, representado sob a forma de telhado, é atingir a melhor qualidade ao menor custo e com *lead times* mais curtos. Isto apenas se torna possível com o auxílio da segurança e ergonomia ocupacionais e com trabalhadores motivados, dispostos a encontrar novas soluções permanentemente em busca da eliminação dos desperdícios.

Na base procura-se a produção nivelada (*Heijunka*) de artigos, juntamente com processos estáveis e normalizados, gestão visual e conhecimento da filosofia da *Toyota*. No centro da casa está presente a permanente busca pela melhoria contínua de processos, que apenas se torna possível com trabalho de equipa.

Os pilares do TPS são o *Just in Time* (JIT), que assenta no fluxo contínuo ao longo do processo produtivo, e por isso, na produção do produto certo, nas quantidades e no local correto, e o *Jidoka* ou *Autonomation*, descritos como “automação com inteligência humana”, com o objetivo de detetar os defeitos o mais rapidamente possível. A inteligência, neste caso, indica que quando é detetado um problema na máquina e esta não é capaz de o detetar por si só, a pessoa deve parar a produção e pedir ajuda de modo a compreender o problema para este não voltar a acontecer. O *Jidoka* é aplicado com recurso a sistemas ANDON (Liker & Morgan, 2006).

### 2.1.2 Tipos de desperdício

A palavra japonesa *muda* significa desperdício, mais especificamente “atividade humana que absorve recursos e não cria valor” (Womack & Jones, 1997), ou seja, que não transforma o produto ou serviço em valor para o cliente. As sete categorias de desperdícios existentes num sistema produtivo foram identificadas por Ohno (1988) em cooperação com Sigheo Shingo (Shingo, 1988) que são as seguintes:

- Sobreprodução – considerado por Ohno o mais problemático dos desperdícios por provocar a existência de todos os outros e por ir contra um dos princípios do *Lean Production* – JIT. Produzir mais do que é necessário provoca aumento dos *stocks*, a ocorrência de defeitos, a antecipação de compras de matérias-primas, entre outros desperdícios. Normalmente, a sobreprodução pode ocorrer nas empresas para aumentar a produtividade do processo e como forma de proteção para eventuais defeitos que ocorram durante a produção (Amaro & Pinto, 2007);
- Esperas – períodos de inatividade de pessoas, máquinas ou recursos (sem adição de valor), onde o tempo despendido não é eficaz. As esperas podem ser originadas por avarias nos equipamentos, má organização do posto de trabalho, *bottlenecks*, entre outros (Bicheno & Holweg, 2009);
- Transportes – o transporte é uma parte essencial das operações, mas a movimentações de materiais ou produtos aumentam o tempo de produção sem acrescentar valor ao produto. Muitas das vezes é difícil eliminar todas as transferências de materiais, mas sim reduzir as distâncias, como por exemplo com a alteração do *layout* (Amaro & Pinto, 2007);
- Movimentações – este desperdício refere-se às pessoas. Está associada à distância percorrida pelos trabalhadores durante o curso das suas operações devido às ferramentas de trabalho não estarem num local apropriado ou às pegadas serem inapropriadas. No maior grau de severidade pode provocar lesões e custos associados a questões ergonómicas (Carreira, 2005);

- Processamento inadequado – engloba operações ou processos que são feitos de forma ineficiente ou que não são necessários de todo. Está normalmente ligado à ausência de normalização do trabalho, ou à inexperiência do trabalhador e ainda ao uso de ferramentas inapropriadas. Este tipo de falhas pode ser minorado através da automatização de processos e pela formação dos colaboradores;
- *Stocks* – excesso de matéria-prima, produto acabado ou *Work-in-Progress* (WIP), o que origina *lead times* superiores, obsolescência e custos de armazenamento, que faz aumentar os defeitos e os transportes. A sobreprodução funciona como forma de “esconder” elevados tempos de *setup*, problemas de qualidade e a falta de nivelamento do sistema produtivo (Amaro & Pinto, 2007);
- Defeitos – todos os defeitos, o retrabalho e inspeções aquando da produção de um artigo geram custos associados ao material e aos recursos utilizados na sua produção, como a mão-de-obra e o equipamento.

### 2.1.3 Princípios *Lean Thinking*

O *Lean Production* tem por base a eliminação dos desperdícios existentes na cadeia de valor de um produto. Os autores Womack e Jones (1996) publicaram um novo livro onde definiram cinco princípios do *Lean Thinking*, de modo a combater os *muda*. Estes princípios encontram-se representados na Figura 3.

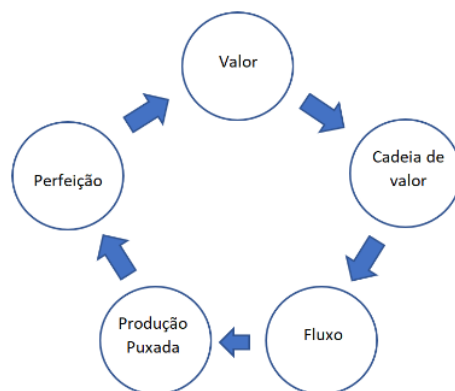


Figura 3 - Princípios *Lean Thinking*

- Valor: a identificação da cadeia de valor é o primeiro passo para atingir o pensamento *Lean*. Neste sentido, o valor é definido pelo cliente final e é apenas considerado aquilo que o cliente está disposto a pagar, tudo o resto é visto como um desperdício e deve ser eliminado ou reduzido;

- Cadeia de valor: para identificar o fluxo de valor é necessário abordar todos os processos executados na empresa, desde o fornecedor ao cliente final, de modo a identificar as atividades que acrescentam valor ao produto. De entre as atividades realizadas num sistema produtivo, surgem três tipos de atividades (Hines, Holwe, & Rich, 2004): atividades que acrescentam valor ao produto, atividades que não acrescentam valor ao produto, e atividades que não acrescentam valor ao produto, mas que são necessárias;
- Fluxo: depois de identificadas as atividades que acrescentam valor ao produto, a etapa seguinte passa por criar um fluxo contínuo que permita ao produto percorrer todas as etapas do sistema produtivo sem interrupções, desvios, esperas ou fluxos inversos. Assim, deve-se garantir que todas as atividades que não são necessárias à produção de determinado produto sejam eliminadas;
- Produção Puxada: de acordo com os autores, a produção deve ser iniciada apenas depois do cliente enviar uma encomenda, sendo desta forma o cliente a definir o que é produzido e quando é produzido. Este tipo de produção permite às empresas diminuir os *stocks*, os tempos de entrega e o aparecimento de produtos obsoletos;
- Perfeição: O objetivo de um sistema *Lean* é atingir a perfeição, pelo que a melhoria contínua dos processos é um passo fundamental para a redução dos desperdícios existentes num sistema produtivo. Assim, depois de estarem implementados os princípios anteriores, as empresas devem estar em constante progresso com o objetivo de melhorar o seu desempenho.

## 2.2 Ferramentas *Lean*

Neste subcapítulo serão apresentadas algumas ferramentas e técnicas utilizadas na implementação de sistemas *Lean*. Estas ferramentas permitem identificar e reduzir os desperdícios existentes no processo produtivo e aumentar a produtividade. Também serão abordadas ferramentas *Lean* aplicadas à melhoria da logística interna e cadeia de abastecimento, como é o caso dos bordos de linha.

### 2.2.1 *Kaizen*

*Kaizen* consiste numa metodologia introduzida por Massaki Imai, que é definida como a melhoria contínua dos processos baseada no envolvimento de todos – gestão de topo, gestores e trabalhadores. A palavra *Kaizen* significa mudança para melhor, sendo esta a máxima da filosofia. Esta metodologia

tem como finalidade a redução de custos através da eliminação dos desperdícios existentes no processo produtivo, embora este não seja o principal objetivo do *Kaizen* (Štefanić, Tošanović, & Hegedić, 2012).

Os eventos *Kaizen* tornaram-se muito famosos no Japão, que consiste em reuniões no chão de fábrica com a finalidade de discutir um problema que surgiu. Para a sua implementação com sucesso, é necessário definir um objetivo e envolver todos os trabalhadores na discussão do tema. Assim, esta filosofia defende a formação de todos os colaboradores da empresa e a cooperação em busca de um objetivo comum, a melhoria contínua. Este tipo de ambiente facilita a aceitação de novas ideias e o combate ao ceticismo presente nas pessoas quando ocorrem mudanças (Imai, 1986).

Embora por vezes o objetivo esteja bem definido, a resolução do problema pode necessitar da experimentação de várias soluções. Um guia comumente utilizado na execução das reuniões *Kaizen* é a ferramenta *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) (Štefanić et al., 2012). Esta ferramenta consiste num ciclo com quatro etapas realizadas de forma sistemática, com o objetivo de atingir os resultados propostos. As quatro etapas encontram-se descritas de seguida:

- *Plan* (Planear) – planeamento das ações a tomar com base nos objetivos propostos;
- *Do* (Fazer) – Executar as ações planeadas;
- *Check* (Verificar) – Comparar os resultados obtidos com os resultados esperados;
- *Act* (Atuar) – Normalizar os processos melhorados e dar início a novo ciclo de melhoria com novos objetivos propostos.

### 2.2.2 Técnica 5S e Gestão Visual

Um posto de trabalho limpo, organizado e arrumado, onde está bem definido o local de cada ferramenta e material, os indicadores de desempenho relativos ao posto de trabalho e onde não se verificam movimentações e esperas por ferramentas, mostra claramente uma implementação 5S. Esta técnica permite a redução dos desperdícios através da consciencialização e responsabilidade dos trabalhadores, que são vistos como parte fundamental da organização (Ohno, 1988).

A designação de 5S's surgiu através das cinco fases desta técnica, que escritas em japonês começam todas pela letra "S" e se apresentam descritas de seguida:

- *Seiri* (Separar): A primeira fase desta técnica foca-se na identificação do material e das ferramentas necessárias no posto de trabalho e da remoção de todos aqueles que não são

necessários. Para além de permitir reduzir o espaço definido para as ferramentas, diminui o tempo de procura de um item;

- *Seiton* (Organizar): A organização do posto de trabalho requer a identificação de um local apropriado para cada ferramenta utilizada, de modo a ser intuitiva e rápida a sua utilização e arrumação;
- *Seiso* (limpar): A limpeza da área circundante do posto de trabalho deve ser realizada diariamente para evitar interferências no processo, e aumentar a segurança e a qualidade;
- *Seiketsu* (Normalização): Depois de corretamente implementados os 3 primeiros S's, a fase seguinte passa pela normalização dos processos definidos anteriormente. Isto é possível através da criação de regras e procedimentos para cada posto de trabalho;
- *Shitsuke* (Autodisciplina): A última fase desta metodologia é o maior desafio da implementação 5S nas organizações. A autodisciplina visa a criação de hábitos para controlar o cumprimento dos procedimentos definidos anteriormente. De nada serve os 4 primeiros S's serem implementados se não existir agrado e motivação por parte dos trabalhadores para manter o posto de trabalho limpo e organizado.

A Gestão Visual é um complemento da metodologia 5S. Esta ferramenta é indispensável para auxiliar os trabalhadores na execução das suas operações e na criação de procedimentos *standard*. A informação é disponibilizada geralmente através de sinaléticas, isto é, todos os procedimentos encontram-se sinalizados e documentados, de modo a que qualquer pessoa consiga identificar o que está ou não a ser executado corretamente, e no devido lugar (Acharyaa, 2011). Através destas boas práticas é possível reduzir os erros e aumentar a autonomia dos trabalhadores.

### 2.2.3 *Standard Work*

O Trabalho Normalizado ou *Standard Work* consiste no trabalho executado segundo *standards*, em que a realização das tarefas em cada posto de trabalho possui a mesma sequência e o mesmo conteúdo de operações, independentemente do trabalhador implicado (Ungan, 2006).

Segundo Monden (1998), o *Standard Work* é constituído por três elementos chave:

- Tempo de ciclo normalizado: consiste no tempo necessário para produzir um produto do princípio ao fim, de modo a responder à procura do cliente;

- Sequência de trabalho normalizado: determina a melhor e mais segura sequência de tarefas realizadas por cada colaborador, de forma repetitiva e contínua ao longo do tempo;
- WIP normalizado: corresponde à quantidade mínima de *stock* que garante a execução das operações de forma ininterrupta.

Estes procedimentos normalizados surgem associados a folhas de *Standard Work*, que devem estar inseridas em cada posto de trabalho e situadas numa posição em que a sua consulta seja acessível ao operador da máquina. Assim, é importante ter em conta que todos os processos e tarefas têm de estar minuciosamente descritos, sem a possibilidade de surgirem dúvidas.

Através deste método, é possível criar um ponto de referência que permite aos trabalhadores reconhecerem um erro no processo de produção e corrigi-lo em tempo real. Os benefícios da implementação desta ferramenta *Lean* passam pela redução da variabilidade de processos, o aumento do controlo sobre os defeitos e um aumento da qualidade e estabilidade (Emiliani, 2008).

#### 2.2.4 Bordo de linha

Bordo de linha é um domínio da melhoria de fluxo ou logística interna que consiste num local de acesso aos componentes que são aplicados no posto de trabalho. Os componentes são armazenados em “*containers*”, de preferência posicionados em frente ao seu ponto de aplicação, que devem facilitar o manuseio destes materiais. O posicionamento dos materiais certos no momento certo permite a redução dos movimentos de *picking* dos operadores e aumenta o tempo de valor acrescentado ao produto (Coimbra, 2009). Segundo Euclides Coimbra (2009), um bordo de linha tem de obedecer às seguintes características:

- A localização dos componentes deve minimizar os movimentos de *picking* do operador;
- Não deve haver interferência do operador logístico no trabalho da produção aquando do abastecimento das linhas;
- O tempo de troca de “*containers*” na mudança de produção deve ser aproximadamente nulo;
- A decisão de reabastecer a produção deve ser visível e instantânea.

Destes quatro critérios acima referidos, salienta-se a importância da escolha de uma caixa adequada para os componentes necessários. As caixas devem ser de pequenas dimensões para que consigam ser movidas à mão, tornando o seu manuseamento mais fácil e devem conter pequenas quantidades de componentes. Isto reduz o *stock* de componentes no bordo de linha e, por consequência, diminui a



autonomia do mesmo, que é definida através da quantidade de componentes num contentor. Em suma, a utilização de contentores com pouco *stock* nos bordos de linha tem inúmeras vantagens, entre as quais (Coimbra, 2009):

- A probabilidade de se perderem componentes por mau manuseamento diminui;
- Contentores pequenos são mais fáceis de limpar e de movimentar;
- Aumento do espaço disponível no posto de trabalho;
- Melhoria da postura dos trabalhadores que não necessitam de realizar movimentos não ergonómicos para recolher os componentes dos contentores pequenos.

## 2.3 Tipos de sistemas de produção

A implementação ou layout de sistemas produtivos é a forma como os equipamentos e recursos humanos se encontram dispostos num espaço físico. Nesta secção serão abordados os principais tipos de configuração de sistemas de produção, com especial foco nas células de produção e na sua implementação.

### 2.3.1 Configurações genéricas de sistemas de produção

Os sistemas de produção, no que toca ao seu arranjo ou implementação organizacional, podem ser enquadrados em duas classes genéricas: Sistemas de Produção Orientados ao Produto (SPOP) e Sistemas de Produção orientados à Função (SPOF).

Os SPOF caracterizam-se pela produção de grande variedade de artigos, cada um deles com uma sequência operatória diferente, tornando cada artigo único. Nestes sistemas, a produção é organizada em pequenos lotes e em baixa quantidade, contemplando a existência de fluxos inversos dada a escassa disponibilidade de equipamentos. Um exemplo de SPOF são as oficinas de produção, pois agrupa os recursos com a mesma função no mesmo espaço (Alves, 2008).

Por sua vez, os SPOP são sistemas de produção com a característica de produzirem um produto ou uma família de produtos semelhantes entre si através de uma produção coordenada e sincronizada dos vários subsistemas por este constituídos. Cada posto de trabalho/equipamento é responsável pela execução de várias etapas constituintes da fabricação destes produtos, sendo cada um deles autónomo e independente dos outros. As linhas e as células de produção são exemplos de SPOP, com a particularidade das células encontrarem-se entre as linhas e as oficinas de produção devido à sua

capacidade para produzir em quantidade como as primeiras, e em variedade, típico das oficinas. A Figura 4 mostra a adequabilidade das diferentes implantações perante a quantidade e variedade de artigos.

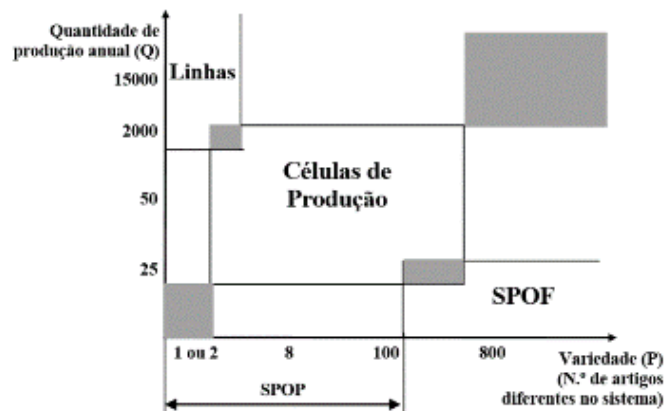


Figura 4 - Relação da quantidade produzida com a variabilidade de artigos (retirado de (Alves, 2008))

### 2.3.2 Tipos de células de produção

Existem vários tipos de classificações diferentes para as células de produção, dependendo das características em análise. Segundo Alves (2008), as células de produção com uma configuração capaz de fabricar produtos, de forma autónoma e independente, sem haver partilha de recursos são designadas células básicas. Por sua vez, aquelas em que é necessária a partilha de recursos para a transformação dos produtos ou de uma família de produtos e por isso está dependente de outras para concluir a produção são denominadas células não básicas. A autora também refere que um elemento diferenciador dentro destas classes acima identificadas é o tipo de orientação de fluxo dos materiais. A Figura 5 ilustra os diferentes fluxos de materiais que podem existir numa célula de produção.

Relativamente à configuração operacional tem-se as células JIT, as células de resposta rápida, as células de produção flexível, as células virtuais e as células ágeis.

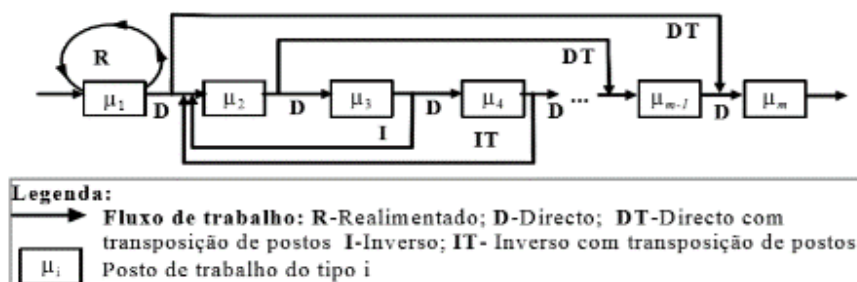


Figura 5 - Tipo de orientação de fluxo de produção (retirado de (Alves, 2008))

### 2.3.3 Células de Produção

De modo a obter-se a eficiência pretendida com a implementação das células de produção torna-se necessária a aplicação de ferramentas *Lean Production* na organização do *layout* intracelular e no seu

arranjo físico (Pattanaik & Sharma, 2009). As células de produção são um tipo de implementação que agrupa recursos como operadores, máquinas, materiais e ferramentas com vista à produção, de forma eficaz e eficiente, de um determinado produto ou família de produtos, mantendo um fluxo sequencial de materiais e informação entre postos de trabalho. Uma família de produtos é um grupo de produtos similares quanto à sua geometria, dimensões e materiais, bem como ao seu processo de fabrico e clientes alvo (Rembold & Llackner, 1985).

De acordo com Singh e Rajamani (1997), o termo células de produção surgiu com a adoção de conceitos de Tecnologia de Grupo que permitem que a produção em lotes obtenha vantagens económicas semelhantes à produção em massa, mantendo a flexibilidade do sistema de produção. A aplicação dos sistemas de produção celulares possui um impacto geral sobre várias áreas das empresas, traduzindo-se num aumento do desempenho a vários níveis. De acordo com Alves (2008), as principais vantagens da sua aplicação são:

- Redução dos prazos de entrega (*lead time*);
- Aumento da rentabilidade dos recursos de produção (pessoas e equipamentos);
- Diminuição dos tempos de *setup*;
- Minimização dos lotes de produção e, por consequência, do WIP;
- Aumento na qualidade dos produtos e redução dos defeitos;
- Diminuição das distâncias percorridas pelos produtos e pelos operadores;
- Aumento da flexibilidade do sistema produtivo;
- Aumento da polivalência dos operadores.

#### 2.3.4 Projeto detalhado de células

A reconfiguração de sistemas de produção é um processo complexo que necessita de ponderação e estratégia para a sua correta aplicação. Existem várias metodologias a seguir para a sua implementação, sendo que irá ser abordada a metodologia GCD (Genérico, Conceptual e Detalhado). Esta possui diferentes níveis hierárquicos de análise: estratégico (elemento diferenciador de grande parte das restantes metodologias), tático e operacional que compõe as três fases desta abordagem desenvolvida por Alves (2008).

O projeto genérico é a primeira fase desta metodologia, onde se identifica a configuração genérica do sistema de produção (SPOP ou SPOF) e se avalia a efetividade da aplicação de SPOP com o objetivo de

cumprir os objetivos estratégicos da organização. Para esta análise são tidos em conta fatores como a previsão da procura e o mercado, os prazos de entrega e a variedade e as características dos produtos (Alves, 2008).

A segunda fase desta metodologia é definida como projeto conceptual e tem por base a seleção da configuração conceptual das células de produção, podendo estas ser básicas ou não básicas consoante a partilha ou não de recursos, como referido na secção 2.3.2. Para se definir esta configuração torna-se também necessário estimar o número de operadores e postos de trabalho, bem como a relação entre estes e as polyvalências requeridas (Alves, 2008).

Por fim, o projeto detalhado visa pormenorizar o funcionamento de todo o sistema produtivo e decompõe-se em 5 atividades: formação das famílias de produto, instanciação das células conceptuais, instanciação de postos de trabalho, organização intracelular e controlo de cada célula e, por último, arranjo integrado das células para a formação do SPOP, como se pode verificar na Figura 6.

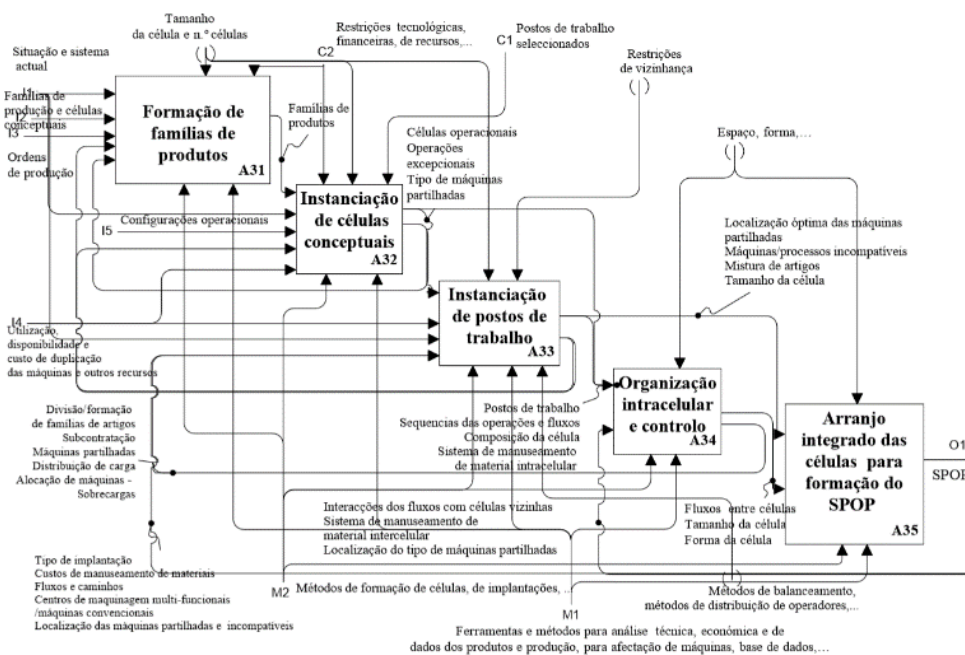


Figura 6 - Projeto detalhado (retirado de Alves (2008))

Pelo exposto, o projeto detalhado é composto por:

- Formação de famílias de produtos que visa agrupar artigos que irão ser fabricados na mesma célula de produção. As principais características a ter em conta para este agrupamento será a geometria dos produtos, as suas dimensões e materiais, e não menos importante, o seu processo de fabrico e a sequência das operações (Alves, 2008);

- Instanciação das células conceptuais, nesta fase definem-se os fluxos para as células conceptuais dos produtos compostos para, de seguida, se seleccionar a configuração operacional mais adequada para as células conceptuais. Para isto será necessário ter um conhecimento aprofundado sobre os produtos, tempos operatórios e quantidades a produzir. Esta atividade é composta por 4 passos distintos: cálculo do número de máquinas, identificação da existência de fluxos intercelulares, definição dos fluxos para as células conceptuais e seleção da configuração operacional;
- Instanciação de postos de trabalho que define o número de postos de trabalho presentes na célula de produção e identifica o número de operadores. Este número já tinha sido estimado na atividade acima referida, mas após a seleção da configuração operacional podem surgir mudanças. De seguida, o balanceamento das células é idealizado seguindo os tempos operatórios e a sequência das operações. Entende-se por balanceamento do sistema, o garantir de uma distribuição equilibrada da carga por todas as pessoas envolvidas no processo, de modo a que o tempo de ciclo de cada um seja o mais próximo possível do *takt time*, sem o ultrapassar. Por fim, depois de estar concluído o balanceamento segue-se para a atribuição dos operadores a cada conjunto de operações, com base nas suas competências técnicas e polivalências (Alves, 2008);
- Organização intracelular e controlo de cada célula, para o realizar desta atividade será necessário a execução de três passos. O primeiro passa pela definição da implantação intracelular onde se determina o arranjo das células mais vantajoso tendo em conta os fatores identificados nas primeiras três atividades. Esta etapa passa pela disposição dos equipamentos e distribuição e movimentação dos operadores dentro da célula, com o intuito de minimizar a distância percorrida pelas peças e operadores e minimizar a ocorrência de fluxos inversos e transpostos. Os *layouts* mais frequentemente observados são os arranjos físicos em linha ou em U. De seguida, no segundo passo escolhe-se o modo operatório, que segundo Alves (2008) significa “encontrar a melhor forma de afetar os operadores na execução das diversas atividades numa célula”. Entre os modos operatórios mais conhecidos tem-se: *working balance*, *rabbit-chase*, *toyota sewing system*, *baton-touch* e *bucket-brigades*. Por fim, a última etapa desta atividade passa por sequenciar e lançar os produtos em individualmente ou em lote (Alves, 2008);
- Arranjo integrado das células para a formação de SPOP, sendo que esta última atividade é composta por dois passos: definição da implantação intercelular de células e integração e

coordenação do SPOP global. O primeiro passa por definir o arranjo físico e um sistema de manuseamento entre as células, tendo em atenção o cumprimento do fluxo de material entre processos de modo a garantir o objetivo principal do SPOP: entregar a encomenda ao cliente no prazo acordado. É ainda nesta fase que se é introduzido o sistema de planeamento e controlo da produção que melhor se adequa ao sistema (Alves, 2008).

## 2.4 Sinergia entre *Lean* e Ergonomia

A ergonomia é multidisciplinar e procura a compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, nomeadamente o posto de trabalho, através da sua adaptação ao colaborador e da redução de períodos não produtivos. Nesse sentido, a ergonomia possui um campo de abrangência bastante amplo, detetando potenciais riscos associados a diversas atividades humanas, tais como: posturas, movimentos, postos de trabalho, entre outros (Bittencourt, Alves, & Arezes, 2011).

Segundo Dul & Neumann (2009) a ergonomia para além do objetivo social (bem-estar dos trabalhadores), possui também a vertente económica (desempenho do sistema). Com a sua correta aplicação é possível melhorar a qualidade dos postos de trabalho e, deste modo garantir:

- Maior satisfação no ambiente de trabalho;
- Maior segurança das pessoas;
- Aumento da produtividade.

Segundo Landsbergis et al. (1999) a implementação de novos paradigmas de produção como o *Lean Production* reduz os tempos de ciclo e a variedade do trabalho e, por isso, se não forem considerados critérios ergonómicos, pode gerar fadiga física e psicológica, potenciando o aparecimento de lesões musculoesqueléticas. O *Lean Production* procura aumentar a competitividade de uma organização através da redução de desperdícios existentes na cadeia de valor, com base no conhecimento e capacidades dos seus colaboradores, que apresentam um papel fundamental na organização (Spear & Bowen, 1999).

De modo a melhorar as condições dos trabalhadores, o primeiro passo a fazer passa pela avaliação e análise dos riscos ocupacionais que estes estão sujeitos durante o período laboral (Maia, Alves, & Leão, 2013). De acordo com Santos, Vieira e Balbinotti (2015), através de um estudo realizado numa empresa do setor automóvel, a ergonomia é essencial na implementação da metodologia *Lean*. Esse mesmo

estudo indica que o indicador que sofreu o maior impacto foi a taxa de absentismo, baixando significativamente.

## 2.5 Métodos de análise e avaliação de risco – Ergonomia

O estudo do risco do aparecimento de LMERT tem contribuído para melhorar a satisfação dos trabalhadores e as condições de trabalho nas mais variadas atividades laborais. De forma a avaliar a exposição ao risco de LMERT, deve-se avaliar parâmetros como a intensidade da força, a repetibilidade e a duração da tarefa, entre outros. Existem vários métodos para identificar postos de trabalho potencialmente perigosos e fatores de risco associados ao trabalho (David, 2005). Segundo David (2005), um amplo número de métodos foi identificado e categorizado em três níveis, sendo que o principal fator para os distinguir foi o grau de precisão dos dados obtidos acerca do trabalhador ou posto de trabalho. Por ordem crescente de complexidade, as técnicas propostas pelo autor foram definidas em *checklists* e questionários de autoavaliação, métodos observacionais e métodos de medição direta.

### 2.5.1 Questionários de autoavaliação

Os questionários e as listas de verificação podem ser usados com o intuito de recolher informação sobre o histórico de LMERT. Esta abordagem possui algumas vantagens em relação aos métodos mais detalhados, entre elas o facto de se obterem resultados mais rapidamente, apesar de não serem tão fidedignos e de não necessitar da avaliação de um especialista. Outro fator preponderante para a utilização deste tipo de métodos é o baixo custo. Um aspeto negativo é que informação proveniente deste método pode ser facilmente adulterada por fatores ambientais e pessoais, como a falta de rigor e conhecimento técnico dos entrevistados (David, 2005).

Um dos métodos mais utilizados que se enquadram nesta técnica de avaliação é o Questionário Nórdico Musculoesquelético (QNME), cuja versão portuguesa surgiu em 2010 (Mesquita, Ribeiro, & Moreira, 2010). Este é composto por 3 questões que englobam 9 regiões anatómicas: pescoço, ombros, cotovelos, punho/mãos, região torácica, região lombar, ancas/coxa, joelhos e tornozelos/pés. A primeira pergunta considera os últimos 12 meses e a ocorrência de “problemas como dor, desconforto ou dormência” e a segunda questiona o mesmo em relação aos últimos 7 dias. A terceira pergunta verifica se algum destes sintomas impossibilitou a pessoa visada de fazer as suas atividades normais do dia-a-dia, nos últimos 12 meses. No sentido de classificar a “dor” em caso de resposta positiva à primeira pergunta, o questionário apresenta uma escala numérica, de 0 a 10, em que o 10 representa a dor máxima (Mesquita et al., 2010).

Este método não possui sugestões de melhoria para diminuir a incidência de problemas musculoesqueléticos nos trabalhadores, mas identifica as regiões corporais com maior prevalência. A aplicação combinada deste método com outro mais detalhado permite uma melhor análise dos riscos associados aos postos de trabalho.

### 2.5.2 Métodos observacionais

Os métodos ou técnicas observacionais foram divididos por David (2005) em dois: métodos observacionais simples e avançados. Os métodos observacionais simples seguem uma análise baseada na observação do ciclo de trabalho e na identificação, com recurso a vídeo ou imagens, das posturas consideradas mais críticas na execução de uma determinada tarefa. Neste momento existe uma ampla gama de métodos que avaliam as posturas de vários segmentos do corpo. São vários os métodos ergonómicos associados a esta categoria, sendo que nesta revisão da literatura abordam-se os seguintes: RULA (McAtmney & Corlett, 1993), EWA (Alhonen, Launis, & Kuorinka, 1989) e a Equação de NIOSH'91 (Waters, Putz-Anderson, Garg, & Fine, 1993), que serão detalhados mais à frente.

Os métodos observacionais avançados, para além da recolha de dados através de vídeo ou computador, englobam também um *software* dedicado para a realização de análises estatísticas.

### 2.5.3 Métodos de medição direta

Para além dos métodos acima referidos, existem também os métodos de medição direta. Estes foram desenvolvidos baseados em sensores que estão diretamente aplicados no trabalhador, com o intuito de medir a exposição ao risco de lesões no trabalho. Podem ser aparelhos manuais que servem para medir a amplitude dos movimentos das articulações, ou até goniómetros eletrónicos que fornecem gravações contínuas dos movimentos das articulações durante a execução de uma tarefa (David, 2005).

Este tipo de métodos possui a vantagem de obter uma avaliação mais precisa do risco de LMERT, apesar de envolver um custo de medição superior, tanto em profissionais como em equipamentos. Neste caso, os métodos observacionais inserem-se entre os questionários e os métodos diretos, do ponto de vista do custo e da validade (Kilbom, 1994).

## 2.6 Método EWA

O EWA é um método simples de observação e entrevistas para avaliações ergonómicas e posterior redefinição do posto de trabalho. Este é composto por uma *checklist* ergonómica que aborda os principais problemas subjacentes ao local de trabalho, publicada em 1970 (Alhonen et al., 1989) e que tem como



principal finalidade diagnosticar postos de trabalho que não sejam seguros, saudáveis e produtivos. O uso do método EWA é mais adequado para atividades industriais manuais e tarefas de manipulação de materiais, por causa do seu conteúdo e estrutura e visa a eliminação dos riscos ocupacionais associados ao trabalho (Hakkarainen, Ketola, & Nevala, 2011).

Relativamente à sua aplicação, a primeira fase do método de recolha de dados refere-se à observação do ciclo de trabalho, com entrevistas aos trabalhadores, supervisores e segurança e higiene. Previamente, também deve ser tido em conta o histórico de lesões dos trabalhadores, através de questionários ou de um histórico fornecido pela empresa (Hakkarainen et al., 2011).

De forma a obter uma recolha de dados mais crítica e real, os autores defendem que a *checklist* deve conter 14 itens que devem ser escolhidos de acordo com dois critérios. Em primeiro lugar, cada um deles deve representar fatores importantes para a segurança e produtividade de um local de trabalho e, adicionalmente, os dados devem ser quantificáveis para assegurar uma avaliação objetiva por parte do observador. De acordo com o conteúdo do trabalho em análise, o observador pode excluir itens que não se identifiquem com o objetivo da investigação. O EWA inclui os seguintes itens:

- 1) Espaço de trabalho;
- 2) Atividade física geral;
- 3) Tarefas de elevação;
- 4) Posturas e movimentos;
- 5) Risco de acidente;
- 6) Conteúdo do trabalho;
- 7) Restritividade do trabalho;
- 8) Comunicação do trabalhador;
- 9) Dificuldade em tomar decisões;
- 10) Repetibilidade do trabalho;
- 11) Atenção requerida;
- 12) Iluminação;
- 13) Ambiente térmico;
- 14) Ruído.

De acordo com as recomendações previstas no EWA, o observador atribui uma pontuação a cada um dos itens através da observação extensiva do posto de trabalho, podendo recorrer ao auxílio de um vídeo e fotografias. Esta avaliação é feita através de uma escala variável entre 1 a 4 ou 5 pontos, sendo que pontuações iguais a 4 ou 5 significam que existe risco para os trabalhadores. A pontuação terá como base de comparação as recomendações geralmente aceites pelos especialistas na saúde ocupacional. Os trabalhadores também avaliam os itens acima referidos (usando a escala: muito bom, bom, mau, muito mau), e em casos de discrepância entre os resultados, a situação do trabalho deve ser analisada com maior profundidade.

## 2.7 Método RULA

O RULA é um método observacional simples de análise postural, para investigações ergonómicas de postos de trabalho suscetíveis ao desenvolvimento de LMERT por esforços repetitivos (McAtamney & Corlett, 1993). Este método tem como principal objetivo avaliar as posturas relacionadas com os membros superiores, apesar de também contemplar o pescoço, o tronco e as pernas na sua análise.

O RULA é utilizado para avaliar a postura, força e movimentos associados a tarefas sedentárias, de manufatura e tarefas de manipulação de índole repetitiva e de ciclos curtos, e não necessita de nenhum equipamento sofisticado, o que o torna de fácil aplicação. Para a sua correta aplicação, torna-se importante observar vários ciclos de trabalho do operador em estudo, de modo a identificar a postura que ocorre com mais frequência e as partes do corpo que possuem mais sobrecarga.

No que toca à análise postural, esta é dividida em dois grupos corporais:

- Grupo A: Braço, antebraço, pulso e rotação do pulso;
- Grupo B: Pescoço, tronco e membros inferiores.

Para avaliar as posturas dos segmentos corporais acima identificados, preenche-se a grelha de avaliação fornecida pelo método (McAtmney & Corlett, 1993). Os valores das pontuações para os dois grupos situam-se entre 1 e 9, sendo que o 1 corresponde ao menor risco de lesão possível e o 9 representa o maior risco de lesão.

Ao preencher a grelha obtém-se duas tabelas (A e B) com os respetivos *scores* das posturas adotadas nos vários segmentos corporais, que serão sujeitas a correções de acordo com utilização muscular e a carga/força aplicada durante a tarefa. Depois de atribuída uma pontuação final para os dois grupos

corporais, estas pontuações intercetam-se na Tabela C, obtendo-se a pontuação final e o nível de risco LMERT (Manghisi et al., 2017).

Perante o *score* final existem vários níveis de ação a considerar para reduzir o risco do aparecimento de LMERT, que se encontram apresentados na Figura 7.

Nível de Ação	Ação
A	Pontuação de <b>1 ou 2</b> indica que aquela postura é <b>aceitável</b> se não for mantida ou repetida durante períodos longos.
B	Pontuação de <b>3 ou 4</b> indica que é necessário mais observação e poderá ser necessário <b>introduzir alterações</b> .
C	Uma pontuação de <b>5 ou 6</b> indica que é necessário uma investigação cuidada e que devem ser introduzidas <b>modificações em breve</b> .
D	Uma pontuação de <b>7</b> indica que é necessário investigação e que devem ser introduzidas <b>modificações imediatas</b> .

Figura 7 - Níveis de ação do método RULA adaptado de (McAtmney & Corlett, 1993)

## 2.8 Equação de NIOSH

O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) dos Estados Unidos publicou em 1981 um guia que apresentava uma equação para calcular o peso máximo recomendável nas tarefas de elevação/abaixamento. A aplicação deste guia possuía várias limitações, uma vez que apenas permitia calcular o peso máximo para condições específicas, como elevações/abaixamentos simétricos e efetuados com as duas mãos (Waters et al., 1993).

Mais tarde, a equação previamente definida foi revista, ampliando as suas condições de aplicação. A equação NIOSH'91, como ficou conhecida, contempla maiores amplitudes na duração do trabalho (até 8 horas) e na frequência das elevações e, especialmente, permite calcular o limite para o dispêndio de energia em tarefas de elevação e um índice de elevação para a identificação de postos de risco com especial risco (Waters et al., 1993).

Ainda assim, apresenta requisitos à sua aplicação:

- Elevações realizadas com as duas mãos;
- Elevação feita com suavidade, sem movimentos bruscos;
- Elevação sem restrições à postura mais favorável;

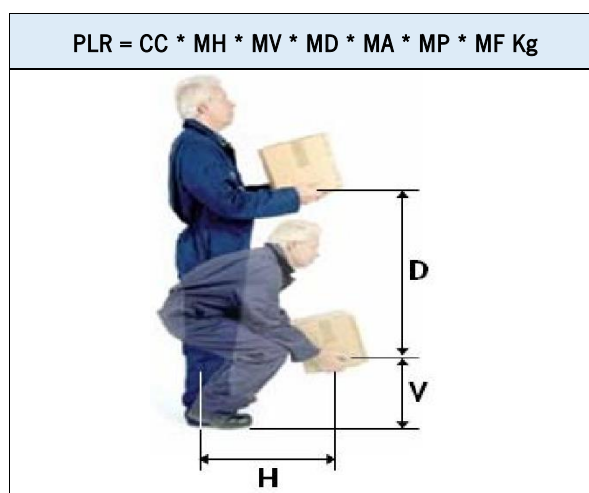
- Boas condições mecânicas, asseguradas por um piso plano e sem obstruções;
- Condições térmicas e visuais favoráveis (Colim, 2009).

A aplicação da Equação de NIOSH'91 tem como principal resultado o Peso Limite Recomendado (PLR) da carga para uma determinada tarefa de elevação/abaixamento ou conjunto de tarefas. O PLR baseia-se num peso máximo recomendado que se designa por constante de carga (CC de 23Kg), idealizada para condições ótimas. A CC é ajustada através do valor de diversos multiplicadores em função dos desvios que a tarefa apresenta em relação aos valores considerados ótimos.

As variáveis da tarefa consideradas pelos seis multiplicadores da equação são:

- Distância horizontal (H) entre as mãos e a vertical passando pelos tornozelos no início da elevação;
- Altura das mãos no início da elevação (V);
- Distância vertical (D) percorrida deste o ponto de início da elevação até ao final;
- Assimetria (A) do movimento de elevação em relação ao plano sagital (ângulo de rotação do tronco);
- Tipos de pegas (P) existentes no objeto a elevar;
- Frequência média (F) das elevações;
- Duração do período com tarefas de elevação.

Na Figura 8 encontram-se representadas as principais distâncias aplicadas e o cálculo do PLR.



*Figura 8 - Equação NIOSH'91 e principais distâncias aplicadas adaptado de (Colim, 2009)*

Seguidamente, de modo a avaliar o risco de LMERT no posto de trabalho, calcula-se o índice de elevação (IE), que fornece uma estimativa do stress físico associado ao trabalho manual de elevação. O IE é o resultado da divisão do peso da carga pelo PLR, e o resultado sugere o risco associado à manipulação manual de cargas. De acordo com os autores, valores de IE iguais ou inferiores à unidade significam a ausência de risco. Para valores abaixo da unidade considera-se que não existe risco para 99% dos homens e 75% das mulheres.

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente capítulo tem como objetivo descrever a empresa onde o projeto foi realizado, a COINDU – Componentes para a Indústria Automóvel, S.A. Posto isto, o capítulo é iniciado com a identificação e localização da empresa, seguida de uma breve descrição da empresa, a sua história e evolução ao longo dos anos. Posteriormente, são descritas as matérias-primas utilizadas e os produtos finais, bem como os clientes alvo. Por fim, é feita uma descrição dos processos produtivos inseridos na unidade de Joane II, desde que as matérias-primas são entregues pelo fornecedor, até que é feita a expedição do produto final para o cliente.

#### 3.1 Identificação e localização

A Coindu é uma empresa sediada em Joane (Figura 9), no concelho de Vila Nova de Famalicão, cuja principal atividade diz respeito à produção de capas de assento para automóveis. Além disso, a empresa conta com outro centro produtivo em Portugal, em Arcos de Valdevez, uma unidade na Roménia, em Curtici, e no México, em Tlaxcala. A empresa conta também com dois centros de desenvolvimento situados na Alemanha, mais precisamente em Ingolstadt e Braunschweig.



*Figura 9 - Edifício principal da Coindu – Joane.*

Em Portugal, a filial de Joane encontra-se dividida em duas unidades produtivas, Joane 1 e Joane 2, sendo que o presente projeto foi desenvolvido em Joane 2. Nestas duas unidades, a empresa conta com mais de 2200 trabalhadores e mais de 30 linhas de produção, o que faz com que seja a filial com mais colaboradores.

### 3.2 Breve história

A Coindu foi fundada em 1988 por António Lourenço, Armindo Gomes e Günter Senior em Joane, sendo na altura denominada por Conflex. Naquele momento, a empresa produzia pequenas peças em couro, tendo em 1992 adotado o nome de Coindu S.A. e passado a produzir capas de assento para automóveis, contando com um total de 180 colaboradores.

Devido ao seu elevado crescimento ao longo dos anos, a Coindu sentiu necessidade de aumentar as suas instalações. Em 2001, a empresa abriu uma nova filial nos Arcos de Valdevez, região esta onde existia uma grande oferta de mão-de-obra. Anos mais tarde, a Coindu foi crescendo e atraindo mais clientes, como o caso da Faurecia e a Johnson Control. Tal proporcionou a expansão da empresa para fora de Portugal, abrindo desta maneira uma unidade produtiva em Curtici, na Roménia em 2005. Do mesmo modo, a empresa adquiriu um terreno ao lado da unidade produtiva de Joane, tendo construído uma nova unidade produtiva de Joane 2.

Em 2011 a Coindu já possuía valores de faturação superiores a 100 milhões de euros, resultado do aumento da sua rede de negócios: passou a ser fornecedor de primeiro nível com a Audi, BMW e a Volkswagen. Isto fez com que a empresa investisse em dois centros de investigação na Alemanha, em Ingolstadt e Braunschweig, de modo a manter a proximidade com estes clientes germânicos.

No ano de 2014, a Coindu decidiu diversificar o seu leque de produtos e abriu a Coindu Couture, onde produz carteiras, bolsas e outros acessórios para algumas marcas de luxo. No ano seguinte deu-se continuidade ao processo de internacionalização com a abertura de uma unidade produtiva em Tetla, no México. Mais recentemente, em 2016 a Coindu adquiriu 51% das ações da empresa alemã HEWA Leder GmbH, empresa produtora de peles em couro. Deste modo, a Coindu tornou-se fornecedora de uma das suas principais matérias-primas, o couro.

### 3.3 Clientes

Os principais clientes da Coindu são empresas do setor automóvel, entre eles algumas das maiores potências nesse ramo, como é o caso da Porsche, Mercedes e BMW. Devido à capacidade da empresa em produzir uma capa de assento de início ao fim nas suas instalações, a Coindu também possui alguns clientes de segundo nível, que é o caso de empresas concorrentes como a Faurecia e a Lear. Na Figura 10 são apresentados os clientes que possuem parcerias a longo prazo com a Coindu.



Figura 10 - Principais clientes da Coindu

### 3.4 Matéria-prima e produtos

Nesta secção são apresentadas as matérias-primas constituintes de uma capa de assento, bem como o produto final resultante da passagem por todos os processos produtivos.

#### 3.4.1 Matéria-prima

As matéria-prima necessária à produção de uma capa de assento varia consoante a exigência do cliente, distinguindo-se no modelo e na variante em produção. As principais são o couro natural, tecido e Policloreto de Vinil (PVC's). Para além destes, ainda são utilizados outro tipo de componentes nos estofos, como espumas, linhas, mangas, elásticos, e ainda pequenos materiais como Tecidos Não Tecido (TNT's) e perfis.

#### 3.4.2 Produtos

Como referido anteriormente, a Coindu dedica-se à produção de capas de assentos para automóveis, como os ilustrados na Figura 11.



Figura 11 - Capas de assentos produzidas pela Coindu



Um automóvel possui vários tipos de capas de assentos, dependendo da quantidade de lugares sentados que possui. Na Coindu é utilizada uma designação única para cada capa de assento dependendo da sua posição no carro, que facilita a sua identificação entre os modelos produzidos na empresa. Na Figura 12 é possível observar os diferentes tipos de capas de assento presentes num carro de 5 lugares, onde se encontra discriminada a designação utilizada na empresa para cada uma delas.



*Figura 12 - Designação das capas de assento*

A primeira fila do automóvel é constituída pelas partes da frente: um Assento Frontal Direito/Esquerdo (AFD/AFE) e por um Encosto Frontal Direito/Esquerdo (EFD/EFE).

Em sentido inverso, a segunda fila é composta pelas capas de assento traseiras: um Assento Traseiro Direito/Central/Esquerdo (ATD/ATC/ATE) e um Encosto Traseiro Direito/Central/Esquerdo (ETD/ETC/ETE).

### 3.5 Descrição do sistema produtivo

Nesta secção descreve-se a situação atual do sistema produtivo, abordando as diferentes secções que o compõe: armazém de matéria-prima, secção de corte de couro, que conta também com o faceamento e a laminação, corte de outros materiais (principalmente tecidos), preparação, costura, embalagem e expedição. Adicionalmente, será também descrito o funcionamento do *milkrun* no abastecimento da produção. O *layout* da unidade produtiva de Joane 2 encontra-se representado no Anexo I – *Layout* da unidade produtiva de Joane 2.

#### 3.5.1 Armazém

O processo produtivo inicia-se com a receção da matéria-prima no armazém. Aquando da entrada dos materiais, estes são inspecionados visualmente para avaliar a qualidade dos produtos e verificar

potencias defeitos do fornecedor. De seguida, são armazenados na área definida para cada material, facilitando a sua identificação. De referir que todos as matérias-primas seguem o sistema de armazenamento *First-In-First-Out* (FIFO). Na Figura 13 é possível observar o armazenamento dos cavaletes de couro após serem rececionados no cais.



*Figura 13 - Armazém de matéria-prima (cavaletes de couro)*

### 3.5.2 Corte de tecidos e outros materiais

O processo de corte de matéria-prima tem início nesta secção, responsável pelo corte de materiais como tecidos, PVC's e espumas. Estes materiais fazem parte de todas as capas de assento, pelo que previamente necessitam de ser cortados de acordo com as Imagens de Base (IB's) constituintes dos modelos em produção. As máquinas atribuídas para o corte destes materiais são automáticas e possuem o software CAD/CAM responsável pela otimização da área de corte, diminuindo os desperdícios de matéria-prima. As *Lectras* (Figura 14), como são designadas, têm incorporadas brocas e lâminas capazes de cortar várias camadas de matéria-prima de uma só vez. Assim, os tecidos são estendidos e de seguida cortados através de um plano de corte com sistema CAD, que no fim dá origem às IB's devidamente cortadas que seguem para a zona da preparação.



*Figura 14 - Máquina de corte automático de tecidos - Lectra*

### 3.5.3 Corte de couro, faceamento e laminação

A corte de couro é um dos principais processos da Coindu, uma vez que se trata da matéria-prima mais prezada pela maior parte dos clientes e, devido ao seu elevado preço por metro quadrado, qualquer desperdício associado trará grandes perdas para a empresa.

Esta fase inicia-se com a inspeção das peles, permanecendo estas em cavaletes, a fim de serem revistadas quanto à sua qualidade, sendo validadas se estiverem de acordo com os parâmetros definidos. Possíveis imperfeições no couro são assinaladas a marcador na pele. De seguida, as peles são disponibilizadas na zona de corte e seguidamente colocadas em mesas, onde recortadores com lâminas são colocados de forma a incluir a maior área possível de couro. A leitura dos defeitos identificados na inspeção das peles é feita pelas máquinas de corte automático, as *Versalis* (Figura 15) e, de seguida, a mesa é comprimida e os recortadores cortam as IB's de acordo com a forma pretendida. Existe também uma máquina de corte manual, onde os cortantes são colocados com o melhor arranjo possível em mesas, pelos operadores, de modo a garantir o melhor aproveitamento das peles. Estas máquinas são ainda usadas dada a incapacidade das *Versalis* em cortarem peles perfuradas. O próximo subprocesso, o faceamento, acontece apenas nas peças que não são perfuradas e serve para retirar os pelos das bordas das peças e, por isso, facilitar o processo de costura que vai acontecer mais à frente.

Por último, tem lugar o processo de laminação, onde o couro é junto com uma espuma, sendo que estes são selados termicamente, saindo da máquina de laminação numa única peça. Estas espumas são cortadas numa máquina de corte de outros tecidos (anteriormente referido) situada na secção de corte de couro, de modo a evitar o transporte de materiais de uma secção para outra. A laminação é um processo que visa aumentar a durabilidade do couro e garantir que todas as peças estão perfeitas para a costura. Após a conclusão deste processo, as (IB's) são revistadas quanto à sua qualidade e, se cumprirem os requisitos, são organizadas por ordem de fabrico (OF) e carimbadas, para posteriormente seguirem para a zona da preparação.



*Figura 15 - Máquina de corte automático de couro (Versalis).*

#### 3.5.4 Costura automática

Atualmente, algumas peças (principalmente a almofada central dos assentos ou encostos) em couro possuem costuras especiais complexas que são complicadas de se fazer manualmente. A secção onde estão inseridas as máquinas de costura semiautomática é denominada por operações auxiliares e possui um total de 9 máquinas. Existem cinco KSL (Figura 16), que são responsáveis pelas costuras semiautomáticas do carro *Audi A8*, e quatro máquinas denominadas por portais, sendo que cada uma delas está atribuída para um modelo específico. Estas máquinas executam operações de costura decorativa semiautomática, também denominadas por *Rauten*. Para além destas máquinas, nesta secção também estão presentes as 3 máquinas perfuradoras de couro, sendo que uma delas é designada por *Wista* (máquina de maior porte) e as outras duas por *Ring*.



Figura 16 - Máquina KSL

#### 3.5.5 Preparação

Na zona da preparação acontece a junção dos materiais provenientes das secções anteriores (couro e outros materiais) e que são necessários para a produção das capas de assentos. Estes materiais são organizados de acordo com a quantidade definida na OF aberta no início do processo produtivo e são colocados em *racks* para semiacabado (SA). É atribuída uma localização à posição da OF para que depois os distribuidores, no momento de abastecer o processo de costura, saibam a sua localização através do sistema informático.

De seguida, os distribuidores preparam as carruagens com as OF's requeridas pela produção e imprimem as etiquetas de rastreabilidade. Os operadores desta secção recebem um plano de entregas diário, em que verificam quais as equipas a abastecer na produção, bem como as quantidades e o respetivo número das OF's a entregar. As OF's são acompanhadas por uma folha de acompanhamento

e estas, depois de preparadas, são colocadas nas carruagens (Figura 17), sendo que de seguida são transportadas para a costura através do comboio logístico.



*Figura 17 - Carruagens de abastecimento da produção – Milkrun.*

### 3.5.6 Costura

O setor da costura (Figura 18) está dividido em duas grandes áreas: PPMM8 e PPMM9 (*Product Planning, Making and Managing*). Cada um destes é responsável por um conjunto de células de produção, e que se distinguem pelo modelo e tipo de peça que produzem. Ao todo existem 30 células de produção, sendo que cada uma delas é constituída, na maioria das vezes, por 8 a 10 colaboradores.

A matéria-prima proveniente da zona da preparação é transportada pelo comboio logístico e abastecida em paletes (uma por equipa de produção), cada uma delas com capacidade para 3 OF's. De seguida, o abastecedor ao posto fornece as IB's relativas a cada posto de trabalho e, num circuito à parte, os abastecedores dos pequenos materiais também o fazem. Depois do processo de costura de todas as IB's, juntamente com outros componentes como TNT's e perfis, as peças acabadas vão para a revista.

Por fim, os conjuntos finais são inspecionados e controlados, com o intuito de garantir que as peças estão de acordo com os requisitos do cliente, cumprindo assim todos os parâmetros definidos pela qualidade.



*Figura 18 - Pavilhão de costura manual.*

### 3.5.7 Embalagem e Expedição

A zona de embalagem é onde todas as capas de assentos são acomodadas em caixas de cartão (Figura 19), de acordo com o módulo de embalagem definido pelo cliente, tendo também em conta a disposição das peças e o tipo de embalagem a utilizar. Exemplificando, no modelo A8, as peças são enviadas em sacos individuais até perfazer o volume total da caixa (normalmente uma caixa consegue acomodar 30 peças), sendo que o módulo de embalagem neste caso é de 1.

Após as peças serem embaladas, as caixas são enviadas para a zona da expedição. Nesta secção, são impressas as etiquetas com o conteúdo de cada caixa e ainda é preparada a documentação necessária para a entrega das capas acabadas ao cliente.



*Figura 19 - Expedição*

### 3.5.8 *Milkrun*

O abastecimento à produção é realizado por um operador logístico com recurso a um *Mizusumashi* (Figura 20), também denominado por comboio logístico. As carruagens após serem preparadas na secção de preparação, o operador logístico inicia a sua rota de abastecimento. De referir que estes carrinhos também estão presentes junto ao posto de revista, para a recolha do produto acabado. Nesta secção, os estofos após serem revistados são colocados em cada um dos níveis da carruagem até perfazerem um máximo de 10 por nível. De referir, que cada equipa de produção possui dois carrinhos junto à revista, diminuindo assim o risco de ficarem sem espaço para colocarem o produto final.

O operador responsável pela condução do comboio logístico após abastecer a produção, recolhe os carrinhos que se encontram completos e repõe os mesmos com as carruagens responsáveis pelo abastecimento à produção. Seguidamente, os carrinhos com o produto final são enviados para a secção de embalagem e o comboio logístico dá início a uma nova rota.



*Figura 20 - Comboio logístico*

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo encontra-se descrito os objetos de estudo deste projeto e é realizada uma análise crítica de toda a fábrica, com especial ênfase na secção da produção e da preparação. Deste modo, serão avaliadas as condições de trabalho dos operadores e identificados os principais desperdícios associados ao processo produtivo.

### 4.1 Objetos de estudo

Na fase inicial do projeto começou-se por identificar a cadeia de valor de todo o processo produtivo, tendo sido feito um estudo das diferentes secções da empresa, bem como o fluxo de materiais entre as mesmas. Após a primeira análise e discussão com a gestão da produção, o foco atual seria na zona de preparação e na secção da costura manual, processos estes que geram mais desperdícios e que não respeitam, em alguns postos de trabalho, os princípios ergonómicos.

O pavilhão da preparação encontra-se dividido em diversas áreas: preparação dos materiais (couro e tecido provenientes dos processos anteriores) e abastecimento da produção através do comboio logístico, armazém central dos pequenos materiais (perfis rígidos, TNT's, telas de airbag, etc.) e também as operações auxiliares, constituídas por máquinas de costura semiautomática. Foi proposta uma análise a estas três fases do processo produtivo por se considerar que estes não se encontram otimizadas, existindo falta de procedimentos *standard* e de organização dos postos de trabalho. Adicionalmente, será estudada a alteração do *layout* do pavilhão do corte de couro com o objetivo de retirar o processo de inspeção de peles desta secção.

Relativamente à costura manual, processo totalmente manual que envolve mais colaboradores, num total de cerca de 400 pessoas por turno (existem dois turnos diários), encontra-se muito dependente da mão-de-obra, o que o torna difícil de controlar e de prever. Devido ao elevado número de pessoas também existe um elevado absentismo associado, o que complica a existência de um trabalho normalizado e, naturalmente, surgem desperdícios associados ao processo de costura, como movimentações, transporte de peças, balanceamentos e *layouts* desajustados e, em alguns casos, paragem de alguns colaboradores. Nesta secção será ainda aplicado o EWA de modo a avaliar as condições ergonómicas dos trabalhadores no seu posto de trabalho. Estes dois processos estão diretamente ligados entre si uma vez a secção de costura é abastecida dos materiais provenientes da zona de preparação. Este



intercâmbio de informação e a velocidade de resposta torna-se também determinante para o atingir dos níveis de produtividade pretendidos.

## 4.2 Escolha e descrição do modelo em estudo - Produção

Como referido no capítulo anterior, a secção de costura da unidade de Joane 2 (Figura 21) encontra-se dividida em duas subsecções: PPMM8 e PPMM9. A primeira está responsável pela produção dos modelos do Lamborghini, Audi A8 e Audi TT, preenchidos na Figura 21 a cor-de-laranja, cinzento e amarelo, respetivamente. A PPMM9 está encarregue da produção dos modelos do Audi Q7 (verde), Mini F60 (azul).

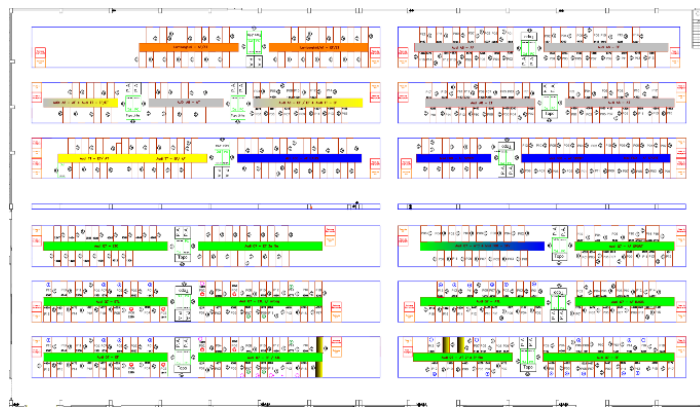


Figura 21 - Layout secção de costura de joane 2

Com o objetivo de obter informação sobre os modelos com mais procura nesta unidade, realizou-se uma análise da previsão das encomendas relativas a todos os projetos durante o último trimestre do ano de 2018, cujos dados são facultados no Anexo II – Procura de carros na unidade produtiva de Joane 2. Na Figura 22 encontra-se retratado esse estudo, verificando-se que o Audi Q7 é o modelo com maior procura, correspondendo a 55,1% da produção da Coindu, seguido pelo Mini F60, Audi A8, Lamborghini, Audi TT e Mini F57.

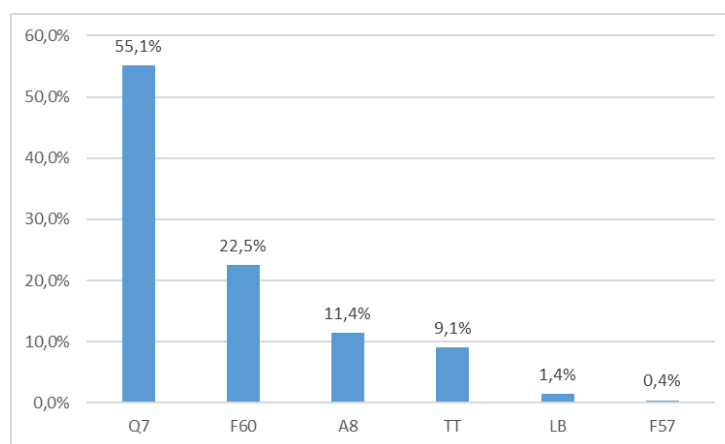


Figura 22 - Previsão da procura em carros

Através da análise do gráfico da Figura 22, verifica-se que o modelo responsável por mais de metade da produção é o Audi Q7. Este projeto foi alvo de vários estudos por parte da empresa nos últimos anos e, por apresentar valores de produtividade estáveis e satisfatórios, a gestão entendeu que o projeto que poderia trazer resultados mais benéficos para a Coindu seria o Mini F60. Esta decisão baseou-se no facto de este ser um projeto em *ramp-up*, apresentar previsões de crescimento elevadas e pelo facto de apresentar um nível de produtividade baixo.

#### 4.2.1 Escolha do modelo

O modelo Mini F60 é constituído por peças correspondentes à parte da frente do assento (AF e EF) e partes de trás (AT e ET). Numa fase inicial do projeto, a unidade em estudo começou a produzir apenas os AF de todas as variantes deste modelo, tendo sido estabelecido que seriam as células de produção que fabricam esta peça o foco deste projeto de dissertação.

As variantes do Mini F60 são diferenciadas pelo material constituinte das capas de assento, havendo variantes maioritariamente compostas por couro e outras por tecido. Dentro destas especificações, há que ter em conta o tipo de couro e tecido que as compõem, e ainda os perfis, TNT's e mangas que são aplicados nesse mesmo material. O Mini F60 tem a particularidade de os assentos apenas possuírem uma cor, uma vez que os outros modelos produzidos dão ao cliente a possibilidade de escolher entre diversas cores. Na Tabela 1 apresenta-se um esquema das variantes do Mini F60.

Tabela 1 - Variantes Mini F60

MODELO		VARIANTE
MINI F60	BASIS	AF B Carb/BI FIREWORK F60 MINI COOPER BGE1 F60
		AF B CarbBI KUNST K9E1 F60 MINI COOPER
	SPORT	AF S CarbonBI YOURS TYE1 F60 MINI COOPER
		AF S SatelGrey LOUNGE T9GK F60 MINI COOPER
		AF S BritishO CHESTER MYM9 F60 MINI COOPER
		AF S CarbBI B.PEARL F60 MINI COOPER KDE1 F60
		AF S CarbBI DOUBLE_S BZE1 F60 MINI COOPER
		AF S CarbBI KUNST K9E1 F60 MINI COOPER
		AF S VERNASCA BLACK CROSS P. NEE1 F60 MC
		AF S CarbBI STOFF DINAMICA DAE1 F60 MINI COOPER

O Mini F60 possui dois modelos distintos: variantes *Sport* e *Basis*. O primeiro é mais complexo por se tratar de peças de maior dimensão e, por isso, requerem um processo de fabrico que envolve mais operações de costura. Adicionalmente, existe variabilidade no material e processo de fabrico entre as variantes do modelo *Sport* que provoca lacunas aos princípios subjacentes às células de produção,

nomeadamente o balanceamento e o fluxo contínuo de material. Deste modo, decidiu-se que o modelo *Sport* seria o foco de estudo deste projeto de dissertação.

#### 4.2.2 Equipas de produção – AF *Sport* Mini F60

Neste momento existem duas equipas de produção responsáveis pelo fabrico do AF *Sport* Mini F60 (Figura 23). As oito variantes deste modelo estão agrupadas em dois grupos, e cada um deles está atribuído a uma equipa de produção. Estas possuem a denominação 44M1E43G e 44M1E43H no primeiro turno, e 44M2E43G e 44M2E43H no segundo. O número 43 corresponde à linha de produção em que as equipas estão inseridas e, o número 1 e 2 diferencia o turno em que operam. Relativamente à constituição das equipas, a 43G (designação dada na empresa para as equipas de produção) é composta por 9 operadores em cada um dos dois turnos de funcionamento, e a 43H apresenta 10 operadores.

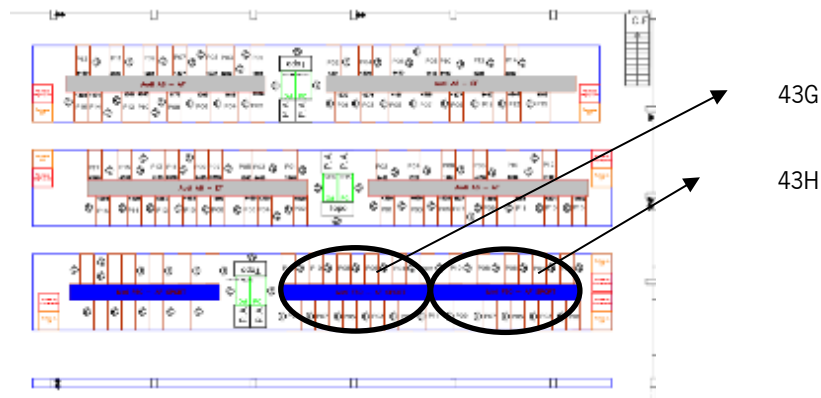


Figura 23 - Identificação das equipas em estudo

A equipa 43G e 43H não se encontram capacitadas para produzir todas as variantes deste modelo. Os dois grupos de variantes a produzir nestas células encontra-se na Tabela 2, sendo que a equipa 43H produz as variantes maioritariamente compostas por couro e a 43G por tecido.

Tabela 2 - Agrupamento de variantes a produzir na equipa 43H e 43G

AF <i>Sport</i> Mini F60	
Equipa de produção	Variante
43H	<i>Lounge</i>
	<i>Yours</i>
	<i>Chester</i>
43G	<i>Double Stripe</i>
	<i>Kunst</i>
	<i>Cross Punch</i>
	<i>Stoff Dinamica</i>
	<i>Black Pearl</i>

#### 4.2.3 Processo de fabrico e gama operatória

Todas as peças produzidas na Coindu possuem um processo de fabrico e uma gama operatória. Para uma melhor compreensão da peça em análise, a empresa fornece o processo de fabrico. Este facilita uma visão geral sobre o assento, das IB's que o constituem, e ainda dos pequenos materiais que nele são aplicados. O processo de fabrico do AF *Sport Yours* Mini F60 encontra-se na Figura 24. Esta peça foi escolhida como amostra uma vez que se trata da variante *Sport* que envolve mais operações de costura e revela um tempo de montagem superior.

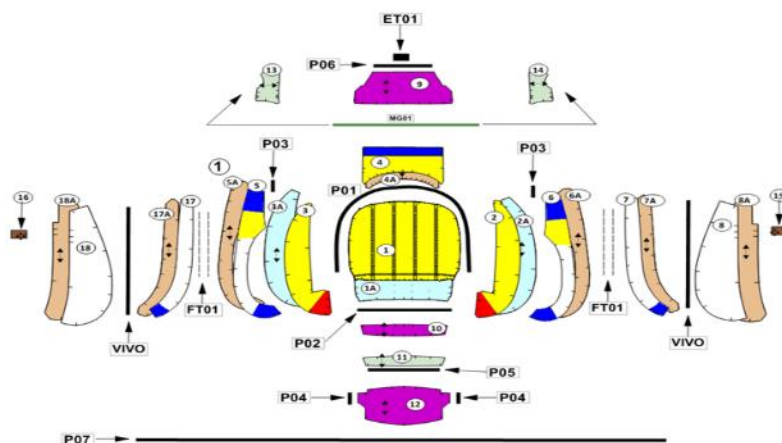


Figura 24 - Processo de fabrico - AF *Sport Yours* Mini F60

Na análise do processo de fabrico por si só, não é possível observar com clareza as operações de costura e a sequência operatória. Deste modo, sempre que entra um novo modelo em produção é criada uma gama operatória, que corresponde à sequência das operações desde o início do processo de costura até se obter a peça final. Na Tabela 3 e na Tabela 4 é apresentada a gama operatória do AF *Sport Yours* Mini F60. As ilustrações das gamas operatórias e processos de fabrico relativas às outras variantes encontram-se no Anexo III – Processo de Fabrico e gama operatória das variantes do AF *Sport* Mini F60.

Tabela 3 - Gama operatória - AF *Sport Yours* Mini F60

AF <i>Sport Yours</i> - Mini F60	
Número	Descrição da operação
1	UNIR PC 1 A PC 1A (SO DO LADO QUE VAI EFETUAR OS GOMOS)
2	EFETUAR GOMOS NA PC 1
3	TERMINAR COSTURA (ENCHIMENTO) NO CONJ.1/1A
4	UNIR PC 2 À PC 2A
5	UNIR PC 3 À PC 3A
6	UNIR PC 4 À PC 4A
7	UNIR PC 5 À PC 5A
8	UNIR PC 6 À PC 6A
9	UNIR PC 7 À PC 7A
10	UNIR PC 8 À PC 8A

Tabela 4 - Gama operatória - AF Sport Yours Mini F60 (continuação)

AF Sport Yours - Mini F60	
Número	Descrição da operação
11	UNIR PC 17 À PC 17A
12	UNIR PC 18 À PC 18A
13	UNIR PC 2 A PC 6
14	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA
15	UNIR CONJ. 2/6/ A PC 7
16	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 2 AGULHAS
17	APLICAR VIVO NA PC 8
18	UNIR PC 8 AO CONJ. 2/6/7
19	UNIR PC 3 APC 5
20	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA
21	UNIR CONJ. 3/5 A PC 17
22	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 2 AGULHAS
23	APLICAR VIVO NA PC 18
24	UNIR PC 18 AO CONJ. 3/5/17
25	UNIR CONJ. 3/5/17/18 A PC 4
26	UNIR CONJ. 3/5/17/18 /4 AO CONJ.2/6/7/8
27	APLICAR TNT P03(1X)
28	APLICAR TNT P03(2X)
29	UNIR PC 12 A PC 1
30	APLICAR TNT P04 NA PC 12(1X)
31	APLICAR TNT P04 NA PC 12(2X)
32	UNIR PC 10 APC 11
33	EFFECTUAR BAINHAS NO CONJ. 10/11(1X)
34	EFFECTUAR BAINHAS NO CONJ. 10/11(2X)
35	APLICAR PERFIL P05 NA PC 11
36	UNIR PC 10/ 11 A PC 1
37	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA
38	UNIR O CONJ. 2/3/4/5/6/7/8/17/18 A PC 1
39	APLICAR TNT P01
40	APLICAR TNT P02
41	UNIR (FECHAR) PC 12 AO CONJ, CENTRAL(1X)
42	UNIR (FECHAR) PC 12 AO CONJ, CENTRAL(2X)
43	APLICAR PC 16 A PC 18
44	APLICAR PC 15 A PC 8
45	UNIR PC 9 AO CONJ. CENTRAL COM ETIQUETA ET01 EM SIMULTANEO
46	UNIR PC 13 AO CONJ. CENTRAL
47	UNIR PC 14 AO CONJ. CENTRAL
48	EFFECTUAR BAINHA NO CONJ.CENTRAL(1X)
49	EFFECTUAR BAINHA NO CONJ.CENTRAL(2X)
50	APLICAR MANGA (MG01)(1X)
51	APLICAR MANGA (MG01)(2X)
52	APLICAR PERFIL P06
53	APLICAR PERFIL P07

Para as diferentes operações de costura realizadas no fabrico das capas de assento na Coindu, existem especificações de máquinas que restringem, muitas das vezes, uma operação a uma determinada máquina. Nas peças em estudo, de modo a obtermos a peça final, utilizam-se vários tipos de máquinas: máquina de uniões, que tal como o nome indica é utilizada para unir imagens de base (com a presença de um calcador específico também realiza operações de bainhas e aplica TNT's), a máquina de costura decorativa de 1 ou de 2 agulhas, a máquina de perfis e a máquina de enchimentos. A operação de enchimento consiste na junção de uma imagem de base em couro com um tecido/espuma da mesma dimensão, de forma a tornar a peça em couro mais confortável e resistente.

#### 4.2.4 Cálculo da produtividade

O indicador de desempenho mais relevante na avaliação das equipas de produção é a produtividade. Para o seu cálculo torna-se necessário quantificar vários parâmetros: número de operadores por equipa, minutos disponíveis (cada operador, por norma, trabalha 450 minutos por turno, com direito a 2 pausas de 15 minutos a retirar aos 480 minutos relativos a um turno de trabalho) e o tempo de peça, sendo este o tempo total de realizar todas as operações da peça, gerado através do simulador da empresa. A Tabela 5 ilustra o procedimento para o cálculo das produtividades das equipas de produção.

*Tabela 5 - Cálculo da Produtividade por equipa de produção*

Cálculo da Produtividade	
Número de operadores	$N$
Tempo disponível por operador	$T_D$
Tempo de peça	$T_P$
Número de peças produzidas	$Q$
Produtividade	$P(\%) = \frac{Q \times T_P}{N \times T_D}$

As equipas de produção que atingirem 100% de produtividade mensal, recebem um prémio por desempenho. Na Tabela 6 pode-se verificar os valores da produtividade média durante a semana 11 de 2019, que diferencia os dois turnos de trabalho relativos às equipas de produção em estudo, 43G e 43H. De referir que neste período iniciaram-se as alterações propostas.

*Tabela 6 - Produtividade média durante a semana 11 de 2019*

Equipa	Turno	Produtividade (%)
43 G	1	41
	2	31
43H	1	23
	2	29

#### 4.2.5 Análise ergonómica do trabalho

De forma a avaliar, com mais pormenor, os postos de trabalho da equipa 43H (devido à menor produtividade e complexidade das operações) foi utilizado o método EWA. Este método foi concebido para ser usado como uma ferramenta de análise mais detalhada, com vista a detetar indicadores de potenciais problemas ergonómicos, como se encontra descrito na secção 2.6.

Inicialmente, após observação do trabalho realizado nas células de produção, neste caso o processo de costura, identificou-se os itens que iriam compor a *checklist* para avaliação dos postos de trabalho, tendo sido escolhidos 9 itens considerados fundamentais para o processo de costura. Seguiu-se a fase de entrevista aos colaboradores que operam na equipa de produção 43H, composta por 10 elementos, sendo que 9 são do sexo feminino e apenas 1 do sexo masculino. As respostas aos questionários encontram-se agrupadas na Figura 25, onde para cada um dos itens da *checklist* foi calculada a média das respostas dos 10 operadores. De salientar que uma pontuação de 1 significa que a autoavaliação do posto de trabalho indica que este é “muito bom”, por contraste da pontuação 4 que quer dizer que todos os colaboradores atribuíram o “muito mau” naquele item específico. A folha utilizada como guia para as entrevistas realizadas encontra-se no Anexo IV – Folha de auxílio para o questionário do EWA.

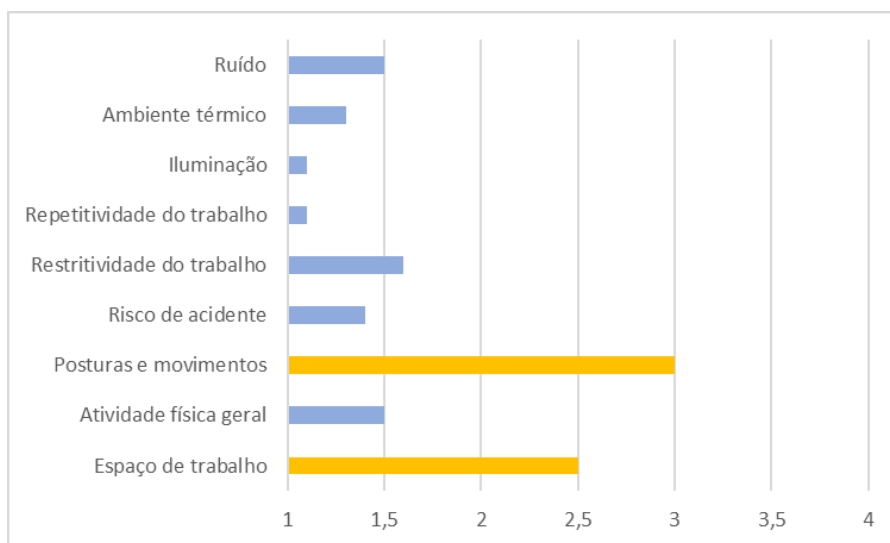


Figura 25 - Autoavaliação do posto de trabalho

Os itens assinalados a amarelo foram os que obtiveram pior classificação por parte dos operadores, nomeadamente devido às posturas e movimentos adotados perante a má organização do posto de trabalho. Após obter as respostas ao questionário, seguiu-se a análise dos postos de trabalho. Foram observados os ciclos de trabalho dos 10 colaboradores, com especial ênfase nas tarefas de maior exigência física e atribuída uma pontuação a cada item, de acordo com a escala utilizada pelos trabalhadores. Esta avaliação contou com o auxílio dos responsáveis pelo departamento de higiene e

segurança do trabalho, que forneceram os dados relativos à iluminância e ao ruído do pavilhão de costura. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 7, onde foi adicionado um comentário de forma a sustentar a pontuação atribuída.

*Tabela 7 - Resumo dos resultados do EWA (analista)*

Descrição	Pontuação	Comentários
Espaço de trabalho	3	Pequenos materiais situados numa zona de difícil alcance que proporciona movimentos e posturas desadequadas.
Atividade física geral	2	A atividade depende de alguma forma dos métodos de produção ou da organização do trabalho. Ocorrem alguns picos de trabalho, mas sem risco de sobrecarga.
Posturas e movimentos	3	Postos de trabalho responsáveis pela aplicação de pequenos materiais sujeitos a más posições do pescoço e ombros, pulsos e costas.
Risco de acidente	2	Posturas desadequadas e posto de trabalho desorganizado. Lesões nas mãos provocadas pelo processo de costura.
Restritividade do trabalho	3	Tarefas de trabalho completamente restringidas pelo grupo de trabalho e provocadas por balanceamentos desadequados.
Repetitividade do trabalho	2	Tempos de ciclo curtos e movimentos repetitivos.
Iluminação	1	De acordo com os valores reais e recomendados de iluminância.
Ambiente térmico	2	Temperatura ambiente alta nos períodos de maior calor.
Ruído	2	Música relativamente alta e ruído provocado pelas máquinas de costura.

Os itens mais críticos obtiveram pontuação de 3, que quer dizer que os postos de trabalho foram considerados “maus” ao nível das posturas adotadas, consequência da falta de organização do posto de trabalho e do mau posicionamento dos materiais dentro do mesmo. O item “restritividade do trabalho” também foi identificado como crítico neste estudo, consequência do balanceamento desequilibrado das células de produção. Com base nestes resultados, estes itens irão ser alvo de um estudo mais detalhado na tentativa de melhorar as condições de trabalho dos colaboradores e prevenir a ocorrência de LMERT.

Adicionalmente, recorreu-se à aplicação do QNME na versão traduzida para a população portuguesa por (Mesquita et al., 2010), com entrevista aos colaboradores da equipa 43H (10 pessoas). O Anexo V – Questionário Nórdico Musculoesquelético ilustra o QNME adaptado para a população portuguesa.

O resultado da primeira pergunta do questionário, relativamente aos últimos 12 meses, encontra-se no também no Anexo V – Questionário Nórdico Musculoesquelético, onde se verifica a prevalência de queixas musculoesqueléticas nos punhos/mãos, ombros e pescoço. As respostas à segunda pergunta tornam-se mais importantes para a análise dos potenciais problemas associados à equipa uma vez que a equipa foi formada há um mês. Assim, os resultados do questionário são apresentados na Figura 26.



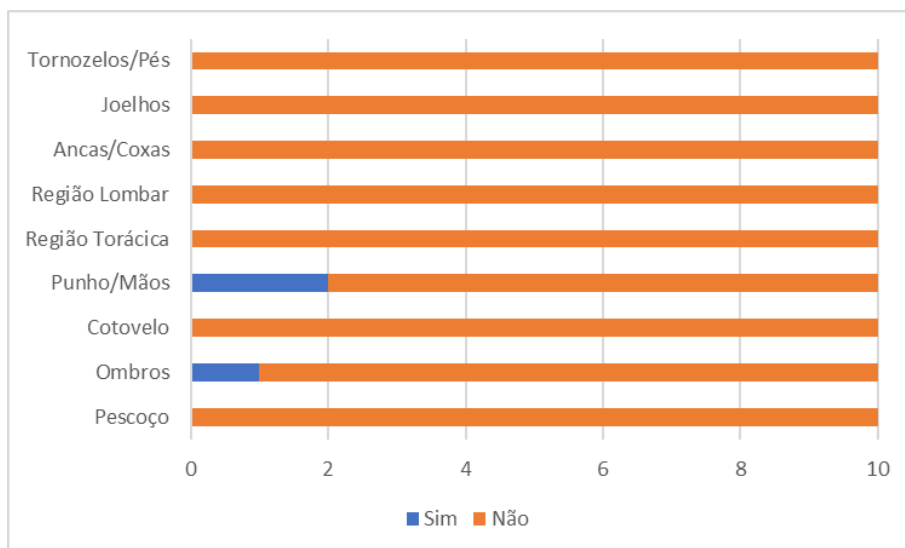


Figura 26 - Prevalência de queixas musculoesqueléticas nos últimos 7 dias na equipa 43H (n = 10)

Por análise do gráfico acima, verifica-se que 2 operadores reportam dor/desconforto musculoesquelético no punho/mãos e 1 trabalhador nos ombros. As queixas ao nível do punho/mãos estão relacionadas com o conteúdo do trabalho, o processo de costura. Os problemas relacionados com os ombros podem advir de posturas e movimentos incorretos e, com base na observação dos ciclos de trabalho dos operadores da equipa 43H, foi visível a falta de organização nos postos responsáveis pela aplicação dos pequenos materiais. Mais à frente neste capítulo serão expostos os principais problemas associados a este posto em específico.

### 4.3 Análise crítica e identificação de problemas na secção de costura

Com o objetivo de aumentar a eficiência na secção de costura da unidade de Joane 2 e a satisfação dos trabalhadores no posto de trabalho, foram identificados os principais focos de melhoria relativos às equipas de produção estudadas neste projeto, a 43G e 43H, a produzir a peça AF *Sport* do Mini F60. A análise tem início com o estudo dos balanceamentos em vigor nestas células, no seu *layout* operacional e organização, e também na avaliação dos postos de trabalho, onde será aplicado o método RULA.

#### 4.3.1 Problemas associados às equipas de produção

As primeiras operações de costura realizadas na montagem final de uma peça são as costuras de enchimento. Estas operações são realizadas numa máquina específica denominada máquina de enchimentos, pelo que a sua execução noutra tipo de máquina envolve vários *setups* associados a troca de componentes. Para além disto, o processo de enchimento revela precedência em relação à união das IB's, pelo que as máquinas de enchimentos devem estar situadas no início da linha de produção.

Após observação das células de produção em estudo e conversa com a chefe de linha, verificou-se que as costuras de enchimento não são realizadas por elementos pertencentes às equipas em estudo. Estas costuras são realizadas no topo de linha, junto à palete de abastecimento, por dois operadores (cada um opera numa máquina de enchimentos) que estão responsáveis por abastecer a equipa 43H e 43G com o material proveniente do seu trabalho.

Como forma de perceber a razão das operações de enchimento serem realizadas fora da célula de produção, recorreu-se à análise dos processos de fabrico e gamas operatórias das variantes *Sport* do AF Mini F60. Após a análise das diversas gamas operatórias, verificou-se que o número de operações de enchimento depende da variante em produção. Na Tabela 8 discriminou-se o número de costuras de enchimento por variante, bem como a equipa de produção destinada ao seu fabrico.

*Tabela 8 - Número de enchimentos por variante - AF Sport Mini F60*

Modelo	Equipa	Variante	Nº de enchimentos
MINI F60 <i>Sport</i>	43H	<i>Yours</i>	12
		<i>Lounge</i>	8
		<i>Chester</i>	8
	43G	<i>Black Pearl</i>	0
		<i>Double Stripe</i>	0
		<i>Kunst</i>	0
		<i>Cross Punch</i>	4
		<i>Stoff Dinamica</i>	0

Pela análise da Tabela 8, observa-se que o número de costuras de enchimento varia significativamente com o tipo de peça a produzir. De salientar que para a variante *Yours*, das 12 costuras de enchimento que envolvem a formação da peça final, apenas 3 são executadas por elementos da equipa 43H. Todos os outros enchimentos discriminados na Tabela 8 são realizados pelos dois operadores situados no início da linha de produção.

Sendo assim, no *layout* operacional (Figura 27) das duas células de produção em estudo, o processo de enchimento (máquina e homem) encontra-se imediatamente antes do primeiro posto da equipa 43H (produz as variantes com mais enchimentos). Este processo é também responsável por realizar as costuras de enchimento da variante *Cross Punch*, peça produzida na equipa 43G que possui costuras de enchimento.

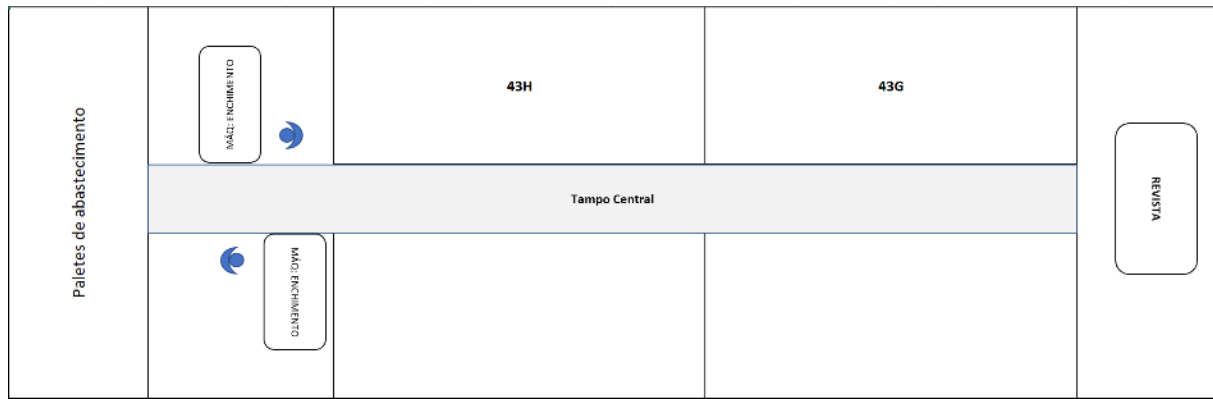


Figura 27 - Layout máquinas de enchimento e equipa 43H e 43G

Este *layout* provoca problemas de produção associados ao processo de enchimento estar fisicamente junto da equipa de produção, sem nela estarem inseridos. Os dois colaboradores que operam nas máquinas de enchimento, para além de possuírem um tempo de operações muito variável (dependente da variante a produzir), quando acabam uma OF de uma determinada variante, voltam a colocar o trabalho na paleta até que esta dê entrada na equipa de produção. Estes procedimentos causam uma série de problemas no funcionamento da linha de produção: WIP acumulado nas paletes, retrocesso das OF's com os enchimentos costurados que não deram entrada na produção, causando fluxo inverso de material, e partilha de *stock* de produtos em diferentes fases de transformação.

#### 4.3.2 Balanceamentos desequilibrados

Atualmente os balanceamentos são realizados pelas supervisoras das equipas de produção aquando da entrada em produção de uma nova ordem de fabrico. Estes são feitos em sistema, no computador da supervisora, e tem por objetivo distribuir as operações por operador, de modo a que o tempo de ciclo de cada operador seja equilibrado, garantindo um fluxo contínuo de materiais e de informação. Este procedimento torna-se desde logo um problema uma vez que as supervisoras distribuem as operações tendo em conta a experiência dos operadores, muitas vezes não considerando o tempo das operações.

Previamente, quando as equipas em estudo foram formadas, existia pouco conhecimento sobre os assentos do Mini F60. Como foi referido anteriormente, as variantes *Sport* que foram agregadas na mesma família de produtos possuem diferenças significativas nas suas operações de montagem, o que torna difícil a otimização de um *layout* de máquinas para todas as variantes e, por consequência, um balanceamento equilibrado.

Outro problema identificado na maioria das peças são as gamas operatórias. Muitas das vezes a ordem que é apresentada não corresponde à sequência de montagem da peça, o que dificulta a execução dos

balanceamentos por parte das líderes. Devido ao facto de possuírem diferenças no *layout* das máquinas e nos balanceamentos de produção, optou-se por realizar um estudo em separado para cada uma das equipas em estudo, a equipa 43H e a 43G.

Relativamente à equipa 43H, o *layout* de máquinas foi definido com o objetivo de otimizar a produção para a variante *Yours*, visto se tratar da peça que envolve mais operações de costura. Procedeu-se ao estudo do balanceamento praticado para esta peça (Anexo VI – Balanceamento, *layout* e fluxo de peça atual da equipa 43H), utilizando os tempos fornecidos pelo simulador da empresa, e verificou-se que as operações não se encontram distribuídas de forma equilibrada para todas as variantes, provocando assim um estrangulamento da linha de produção. Com base nos tempos operatórios de cada operador, o simulador apresenta a taxa de ocupação relativamente ao tempo de ciclo ideal, que é apresentado sob a forma de um gráfico na Figura 28.

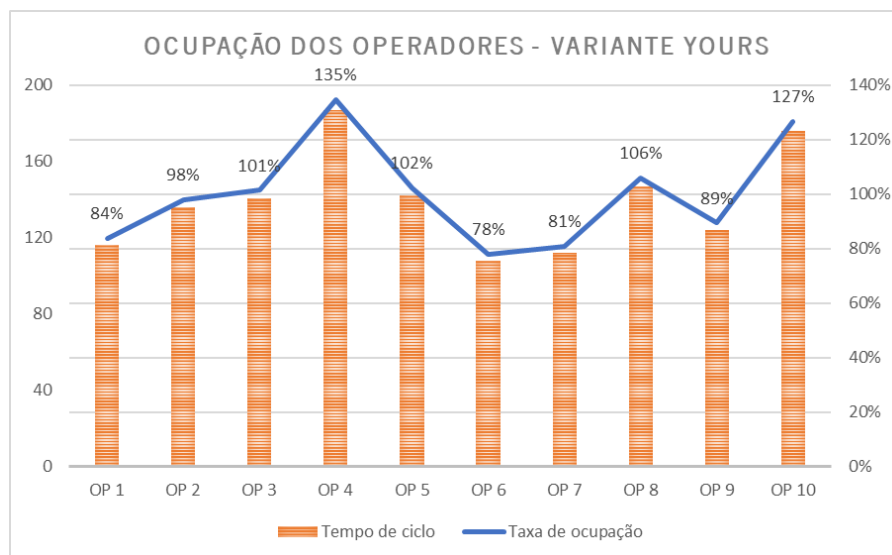


Figura 28 - Taxa de ocupação e tempos de ciclo atuais da equipa 43H – variante Yours

Por análise do gráfico da Figura 28, verifica-se que o balanceamento praticado pela equipa de produção 43H está desajustado, existindo diferenças significativas entre a ocupação dos 10 operadores desta célula. O *bottleneck* desta equipa de produção é o operador número 4 com uma taxa de ocupação de 135%, estando 35 pontos percentuais (pp) acima dos 100% pretendidos para um balanceamento equilibrado. Assim, o tempo de ciclo do sistema é definido por este operador, que possui um tempo de operações de 187 segundos e que pode levar à produção de menos 50 capas por turno de trabalho (Anexo VI – Balanceamento, *layout* e fluxo de peça atual da equipa 43H).

O balanceamento e as taxas de ocupação dos operadores para as outras variantes produzidas na equipa 43H, ou seja, a variante *Lounge* e *Chester*, também se encontram no Anexo VI – Balanceamento, *layout*

e fluxo de peça atual da equipa 43H. Nestas variantes também se verifica uma grande discrepância entre a taxa de ocupação dos 10 operadores desta célula, com o tempo de estrangulamento definido nos 136 segundos, que corresponde a 125% de ocupação do operador número 2.

Realizou-se o mesmo procedimento para a equipa 43G, tendo sido feito o estudo do balanceamento para cada uma das variantes produzidas nesta célula, que é apresentado no Anexo VII – Balanceamento, *layout* e fluxo de peça atual da equipa 43G. Por sua vez, a Figura 29 discrimina a taxa de ocupação e os tempos de ciclo atuais desta equipa para a variante *Stoff Dinamica*, visto se tratar da variante que possui o balanceamento mais desequilibrado e que envolve mais desperdícios do potencial humano.

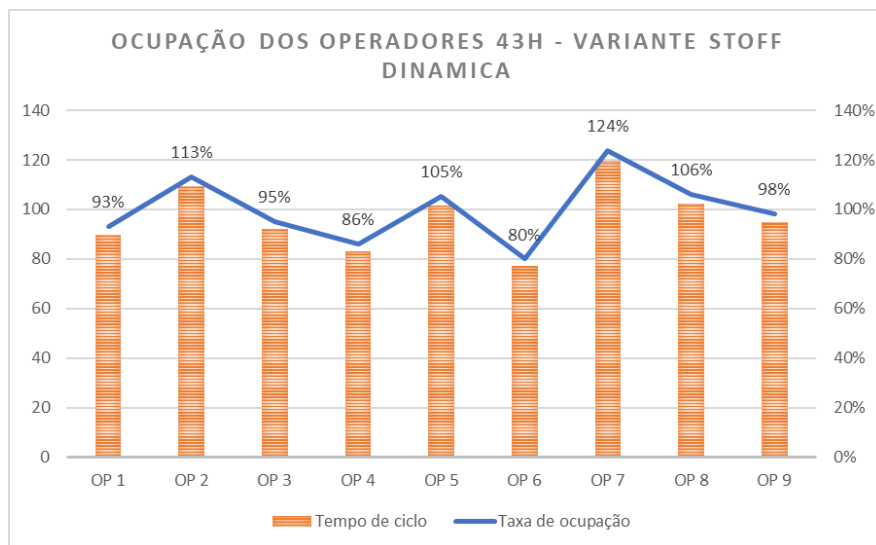


Figura 29 - Taxa de ocupação e tempos de ciclo atuais da equipa 43G – variante *Stoff Dinamica*

À semelhança do que se constatou para a equipa 43H, o balanceamento das operações para a equipa 43G também apresenta discrepâncias que comprometem o cumprimento dos objetivos de produção. Por análise do gráfico, verifica-se que para a variante *Stoff Dinamica*, o balanceamento existente provoca diferenças de 44 pp entre o operador que possui o maior tempo operatório (operador nº7) e o que detém o menor (operador nº6), que corresponde a uma diferença de 43 segundos por ciclo de trabalho. Assim, estas disparidades podem provocar a perda de 53 peças por turno de trabalho.

Relativamente às outras variantes produzidas na equipa 43G, as taxas de ocupação dos operadores revelam-se semelhantes à variante *Stoff Dinamica*, pelo que também apresentam elevadas perdas produtivas por ciclo de trabalho. As taxas de ocupação dos operadores para as outras variantes produzidas nesta célula de produção encontram-se discriminadas no Anexo VII – Balanceamento, *layout* e fluxo de peça atual da equipa 43G, bem como as perdas de produção a estes associados.

#### 4.3.3 Layout das mesas de trabalho desadequado

A equipa 43H, que produz as variantes mais complexas, tem um problema notório aquando da costura de enchimento da almofada central (peça 1 do processo de fabrico) da variante *Yours*. Esta variante possui 3 operações que não são realizadas nas outras variantes, sendo que o resto das operações revela poucas diferenças. Estas são feitas na célula de produção e composta por 3 operações (as primeiras 3 da gama operatória acima descrita), estando um colaborador (operador nº10) alocado a estas tarefas quando esta variante entra em produção, estando este a mais de 100% de ocupação, mais concretamente a 127%. O que sucede é que a célula de produção está otimizada para a variante *Yours*, e quando entra outra variante em produção, o operador responsável pelas costuras de enchimento na almofada central é alocado a outras operações. Isto implica mudar as especificações da máquina com a troca de componentes, o que proporciona um elevado tempo de *setup* para que este posto de trabalho esteja apto a realizar operações de uniões. No Figura 30 encontra-se representado o *layout* operacional da célula de produção 43H, juntamente com o fluxo de materiais para a variante *Yours*. No Anexo VI – Balanceamento, *layout* e fluxo de peça atual da equipa 43H ilustra-se também o fluxo de materiais para a variante *Lounge* e *Chester*.

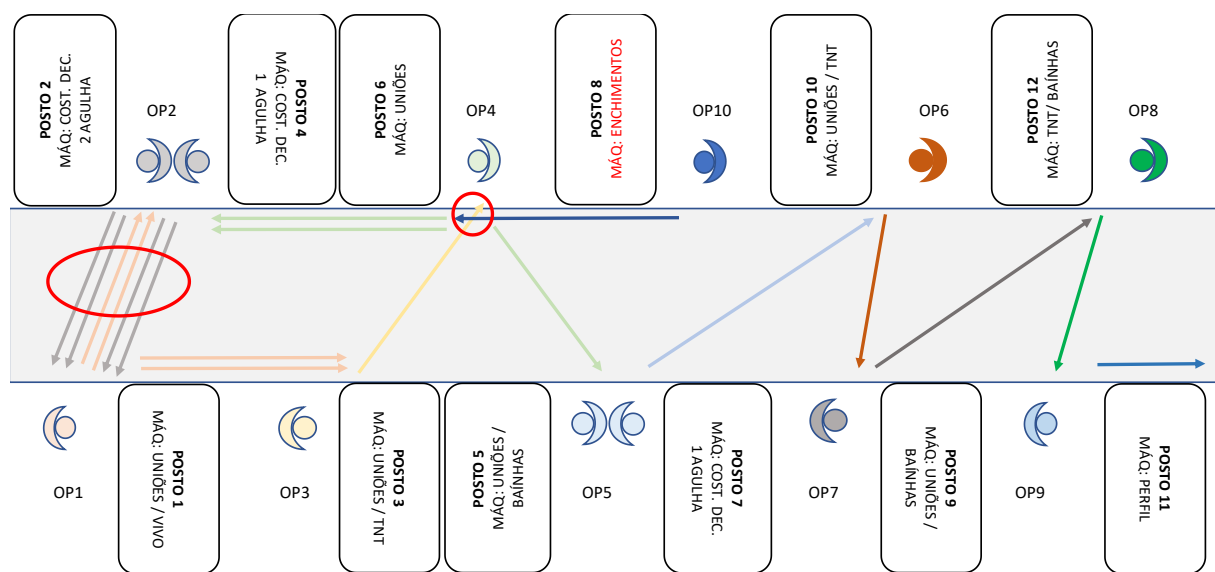


Figura 30 - Layout e fluxo de peça da equipa 43H - variante Yours

Pela análise da Figura 30 verifica-se a existência de um *layout* de máquinas em “U”, com a peça a percorrer os dois lados do tampo central até chegar à máquina de perfis (posto 11), onde de seguida passa para o posto de revista.

Para além do problema identificado com o posto de trabalho nº8, pela análise do *layout* de máquinas tornaram-se evidentes outros problemas relativos ao fluxo de materiais. A existência de cruzamentos de

peças, assinalados com um círculo vermelho na Figura 30, de fluxos transpostos (nas outras variantes produzidas na equipa) e de troca de peças entre postos de trabalho podem provocar a origem de defeitos ou falta de componentes.

Os cruzamentos de peças e fluxos transpostos têm origem por causa da especialização das máquinas, que proporciona que uma operação tenha de ser realizada num determinado posto de trabalho. Este facto também influencia a distância percorrida pelas peças ao longo da célula de produção, que advém do *layout* de máquinas não ser o mais indicado para o balanceamento praticado.

Na Tabela 9 apresentam-se discriminados os fatores que revelaram a inadequação do *layout* de máquinas da equipa 43H, tanto para a variante *Yours*, como para a variante *Lounge* e *Chester*.

Tabela 9 - Quantificação dos fatores que motivam a inadequação do *layout* da equipa 43H

Variante	Nº de cruzamentos de peças	Nº de fluxos transpostos	Nº de trocas de peça	Distância percorrida pela peça (metros)
Yours	7	2	18	22,3
Lounge e Chester	6	3	17	21

Em relação à equipa de produção 43G, para as 5 variantes produzidas existem apenas 2 fluxos de materiais diferentes, o que revela que a montagem das peças é muito idêntica. Do mesmo modo que para a equipa 43H, é apresentado na Figura 31 o *layout* de máquinas para as variantes *Stoff Dinamica* e *Black Pearl*. O fluxo de materiais referente às outras variantes encontra-se ilustrado no Anexo VII – Balanceamento, *layout* e fluxo de peça atual da equipa 43G.

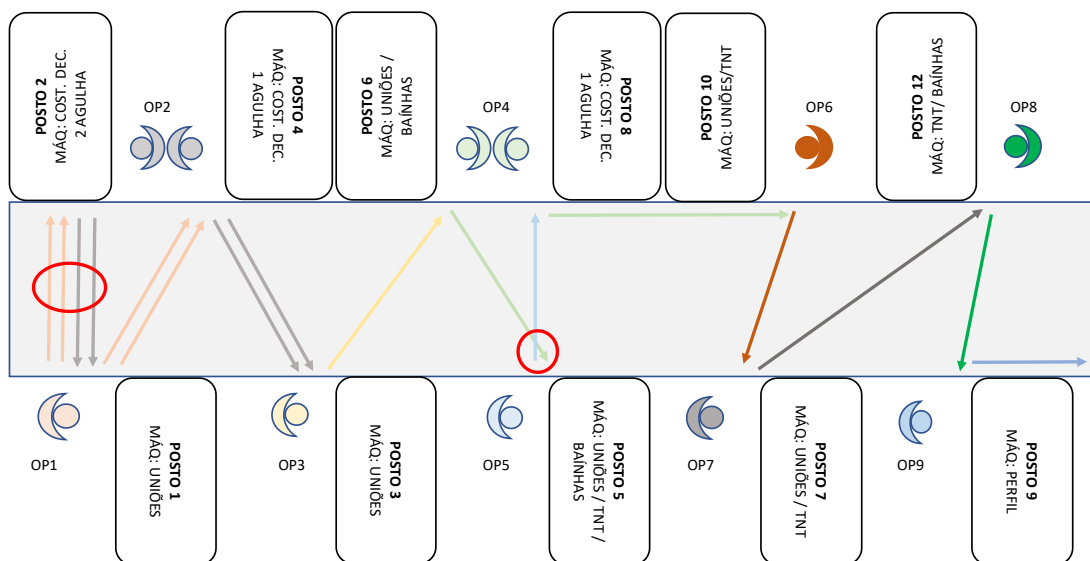


Figura 31 - Layout e fluxo de peça da equipa 43G - variante *Stoff Dinamica* e *Black Pearl*

Como se verifica através da observação da Figura 31, a equipa de produção 43G possui menos um posto de trabalho que a equipa 43H, relativo ao posto responsável pelas costuras de enchimento da variante *Yours*. O *layout* intracelular apresenta também os problemas identificados para as variantes em couro, sendo que na Tabela 10 apresentam-se detalhados os fatores que contribuem para a baixa eficiência deste sistema.

Tabela 10 - Quantificação dos fatores que motivam a inadequação do layout da equipa 43G

Variante	Nº de cruzamentos de peças	Nº de fluxos transpostos	Nº de trocas de peça	Distância percorrida pela peça (metros)
Stoff Dinamica / Black pearl	3	1	16	19,4
Kunst / Double Stripe / Cross Punch	2	2	15	18,5

#### 4.3.4 Elevado tamanho dos lotes de produção

Um problema identificado na sequência dos balanceamentos desequilibrados das células de produção é o elevado tamanho dos lotes. Em média, cada posto de trabalho possui 10 unidades de cada imagem de base a operar, o que representa um elevado WIP dentro da célula e que pode causar problemas ao nível dos defeitos em série detetados na revista. Isto influencia a organização dos postos de trabalho uma vez que reduz substancialmente o espaço de trabalho dos operadores e torna ineficaz a existência de Gestão Visual nas equipas de produção. A principal causa deste elevado tamanho de lotes são os balanceamentos desequilibrados, que fazem com que os operadores que possuem um tempo de operações mais reduzido adiantem trabalho, provocando por vezes a existência de duas OF's em produção simultaneamente.

#### 4.3.5 Falta de trabalho *standard* nas células de produção

Através da análise dos balanceamentos praticados pelas equipas de produção em estudo e pela observação da linha de produção, verificou-se que não existe trabalho *standard* na produção das variantes destinadas à equipa. Como é a chefe de linha a realizar o balanceamento sempre que uma ordem de fabrico entra em produção, pode provocar alterações nas operações a realizar em cada posto de trabalho. Este aspeto torna-se importante porque o processo de costura é um trabalho manual, em que o ritmo de cada operador é tanto maior quanto maior for a experiência a executar determinadas operações. Neste momento, em cada posto de trabalho não existe um procedimento *standard* onde refere a ordem das operações a executar para cada variante, bem como o tempo de ciclo da peça em questão. Assim, para os operadores menos experientes figura-se complicado o processo de aprendizagem e o aumento dos níveis de qualidade é comprometida.



#### 4.3.6 Falta de controlo sobre o abastecimento dos pequenos materiais

O abastecimento dos pequenos materiais às equipas de produção em estudo é realizado por um operador em cada turno, em caixas que estão colocadas junto ao posto de trabalho. As caixas encontram-se ilustradas na Figura 32, e apresentam-se acompanhadas de etiquetas com a referência do material que armazenam. O distribuidor inicialmente dá voltas aleatórias pelo pavilhão de costura e identifica as caixas que possuem pouca quantidade de materiais e, por consequência, necessitam de ser abastecidas. Na volta seguinte, o operador segue com os materiais requeridos no carrinho de abastecimento e fornece os postos de trabalho em que os materiais são aplicados. De referir que algumas caixas estão situadas longe do posto onde são aplicadas, causando movimentações na célula de produção.

O abastecimento é realizado uma vez por dia visto que os distribuidores enchem as caixas de modo a que não tenham de passar na equipa outra vez. Com base na experiência destes operadores, que já estão na empresa há alguns anos, estes já sabem as quantidades que têm de abastecer de modo a que não falte matéria-prima às equipas de produção. Este procedimento gera desperdícios como movimentações e excesso de *stock*, uma vez que as quantidades não são controladas e não existe um local *standard* para a colocação dos materiais.



*Figura 32 - Caixa atual de abastecimento dos pequenos materiais*

Os problemas identificados no armazém dos pequenos materiais serão descritos na secção 4.4.3.

#### 4.3.7 Posto de trabalho com pequenos materiais desorganizados e com difícil acesso

Um problema tornado visível através da aplicação do método EWA é a adoção de posturas desadequadas dos operadores de costura devido às operações que envolvem a aplicação dos pequenos materiais. De momento, os postos de trabalho (Figura 33) são abastecidos em caixas que são colocadas de baixo do tampo central, que faz com que o operador de costura tenha de sair do seu posto de trabalho aquando

do abastecimento. Este procedimento implica também a adoção de posturas inapropriadas por parte dos operadores, uma vez que necessitam de curvar o tronco para pegar nestes materiais. Juntamente com as caixas anteriormente definidas, alguns postos de trabalho possuem caixas de cartão (caixas provenientes do fornecedor) no chão de fábrica. Estas posturas, consoante foi descrito no Capítulo 4.2.5, podem provocar distúrbios dos membros superiores, mais concretamente ao nível dos ombros e pescoço.



*Figura 33 - Posto de trabalho com stock de pequenos materiais em caixas*

Para uma melhor análise deste problema, realizou-se um estudo onde se recorreu ao método RULA como forma de avaliação das posturas e movimentos adotados pela operadora oito (posto 10) da equipa 43H. O objetivo deste estudo passa por avaliar as posturas durante todo o processo de costura desta operadora, mais concretamente as posturas que acarretam mais riscos de lesões musculoesqueléticas dos membros superiores. Neste caso, os movimentos provocados pela recolha dos TNT's das caixas para posterior costura na peça foram o principal foco deste estudo.

Deste modo, o estudo iniciou-se com a filmagem do ciclo de trabalho da operadora e na divisão do mesmo em 4 tarefas:

1. Recolha dos TNT's que se encontram nas caixas, debaixo do tampo central;
2. Pega dos TNT's situados na caixa de cartão, à direita da máquina de costura;
3. Aplicação do TNT na peça em couro;
4. Pega da peça proveniente do posto de trabalho anterior.

Na Tabela 11 apresenta-se a avaliação RULA para a postura considerada mais crítica na realização da tarefa 1 (Figura 34).

Tabela 11 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 1

Postura A – Pegar nos TNT's situado na caixa.			
Partes do corpo (lado esquerdo)		Pontuações	Comentários
Grupo A	Braço	3 +1 = 4	Abdução e extensão do braço entre 45 a 90°.
	Antebraço	2 +1 = 3	Flexão do antebraço entre 0 a 60° e trabalho em posição lateral.
	Pulso	1 +1 = 2	Pulso fletido lateralmente sem extensão significativa.
	Rotação do Pulso	+1	Ligeira rotação.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo A, a pontuação A é igual a 4.			
Grupo A	Utilização muscular	1	Postura essencialmente estática.
	Carga/força	0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo A (Pulso e Membro superior) = 4 + 1 + 0 = 5</b>			
Grupo B	Pescoço	3 +1 = 4	Flexão do pescoço superior a 20°, juntamente com inclinação lateral.
	Tronco	3 +2 = 5	Flexão do tronco entre 20 e 60° em relação ao eixo, juntamente com inclinação e rotação lateral.
	Pernas	2	Pernas e pés mal apoiados e em posição instável.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo B a pontuação B é igual a 6.			
Grupo B	Utilização muscular	0	Não relevante.
	Carga/força	0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas) = 5 + 0 + 0 = 6</b>			
<b>Pontuação Final RULA = 7; conclui-se que devem ser efetuadas modificações imediatas.</b>			



Figura 34 - Postura sujeita a avaliação RULA -Tarefa 1

O mesmo procedimento foi repetido para as outras tarefas acima mencionadas, estando os resultados da avaliação RULA no Anexo VIII – Avaliação RULA do posto de trabalho. Por fim, calculou-se um RULA ponderado, onde se teve em conta os tempos operatórios despendidos em cada uma das tarefas. Este

cálculo é também apresentado no Anexo VIII – Avaliação RULA do posto de trabalho e o resultado foi de 3,4.

De acordo com a avaliação realizada à operadora que aplica os TNT's na peça final, com a pontuação final RULA, equivale a um nível de ação B que por sua vez, indica que poderá ser necessário a introdução de alterações no posto de trabalho. A pontuação para a tarefa 1 e para a tarefa 2 indicam um nível de ação D e C, respetivamente, pelo que têm de ser efetuadas mudanças imediatas.

#### 4.4 Análise crítica e identificação de problemas na secção da preparação e corte de couro

Este subcapítulo visa a análise e diagnóstico de problemas identificados nos processos produtivos presentes no pavilhão da preparação e no corte de couro. Seguidamente será detalhado o processo de logística interna e a MMC no armazém dos pequenos materiais. Na Figura 35 apresenta-se ilustrado o *layout* atual desta secção, onde se encontram discriminados os processos produtivos nela realizados.

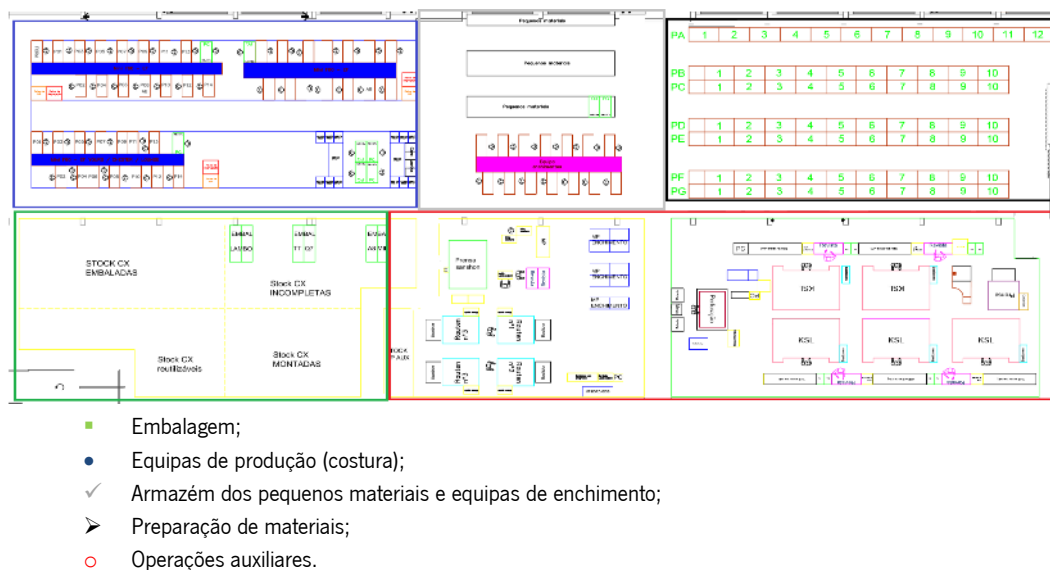


Figura 35 - Layout atual do pavilhão da preparação

##### 4.4.1 Falta de organização e de polivalência dos operadores da zona de preparação

Os materiais provenientes dos processos anteriores (corte de couro e tecidos) são acompanhados de uma folha de acompanhamento da OF e são colocados em *racks* onde é atribuída uma localização, ficando registada no sistema. O trabalho executado nesta secção visa o abastecimento da produção através do comboio logístico, o que não acrescenta valor ao produto, ainda que seja necessário.

Nesta secção estão presentes cinco distribuidores em cada turno, sendo que um deles tem a função de conduzir o comboio logístico, e os outros de preparar as carruagens com as OF's. O plano de produção

é entregue a cada um destes no início de turno, onde consta o código da OF que irá dar entrada na produção, bem como o projeto, o modelo e a peça a abastecer.

Após várias observações do ciclo de trabalho destes operadores, verificou-se que existiam problemas ao nível de movimentações excessivas e esperas por equipamentos. Com o objetivo de identificar e quantificar as perdas associadas a este posto de trabalho, procedeu-se a um estudo de tempos com recurso à técnica de cronometragem descrita por Costa e Arezes (2003), que se encontra descrita no Anexo IX – Estudo de Tempos.

A realização do estudo de tempos permitiu identificar a existência de falta de equipamentos necessários para o número de operadores a trabalhar na zona da preparação de materiais. Neste momento existem 3 computadores para realizar o procedimento de imprimir etiquetas, o que provoca muitas esperas entre os 4 operadores destinados a preparar as carruagens para abastecer a produção.

A acrescentar, os operadores encontram-se divididos por projeto, o que implica que um operador apenas tem conhecimento das peças de um modelo. Na Tabela 12 apresenta-se o cenário atual das polivalências dos operadores da zona de preparação.

*Tabela 12 - Polivalências dos operadores da zona da preparação de materiais*

<b>Operador</b>	<b>Modelo</b>	<b>Polivalências</b>
1	Mini e Audi Q7	2
2	Mini e Audi Q7	2
3	Lamborghini	1
4	Audi TT e A8	2

No Capítulo 5 serão abordadas as propostas de melhoria associadas a este posto de trabalho, que passam pela redução de um operador na preparação das carruagens para abastecer o comboio logístico, e pela criação de um sistema de rotatividade dos colaboradores, de modo a aumentar a sua polivalência entre os modelos.

#### 4.4.2 Problemas no abastecimento à produção na troca de turno

A secção de preparação trabalha em dois turnos diários, o primeiro é entre as 05:50 - 13:50 horas, e o segundo funciona das 14:10 - 22:10. Durante o primeiro turno, verifica-se que a cadência de trabalho não é igual no início e no final do turno. Nas primeiras duas horas, os operadores desta secção andam a “correr” para abastecer as equipas de produção, muitas das vezes até abastecendo as equipas sem recorrer ao comboio logístico, transportando as OF’s manualmente através das carruagens.

O que acontece é que no final do segundo turno, os distribuidores não têm em atenção o número de OF's presentes nas paletes de abastecimento das equipas de produção, nem deixam trabalho preparado para a primeira rota do comboio logístico do turno a seguir. No início do turno seguinte, algumas equipas de produção não possuem OF's completas na palete de abastecimento, o que provoca os problemas acima enunciados nas primeiras horas do turno. Estima-se que uma rota do comboio logístico abastece 9 OF's por ciclo (3 carruagens) e demora aproximadamente quinze minutos. Deste modo, para abastecer todas as equipas de produção com pelo menos uma OF serão necessárias entre três a quatro rotas por parte do comboio logístico, o que proporciona uma corrida contra o tempo por parte dos distribuidores do primeiro turno para nenhuma equipa de produção parar por falta de material.

Adicionalmente, o operador que conduz o comboio logístico não possui carruagens preparadas com OF's nos primeiros 12 minutos de trabalho, pelo que auxilia os preparadores antes da primeira rota de abastecimento.

#### 4.4.3 Ausência de Gestão Visual e Avaliação MMC no Armazém dos Pequenos Materiais

A aplicação da Equação de NIOSH'91 *single-task* (Waters et al., 1993) no Armazém dos Pequenos Materiais inicia-se com o estudo e descrição do trabalho efetuado pelos operadores desta secção.

O armazém dos pequenos materiais, como é designado na empresa, situa-se no pavilhão da preparação. Os pequenos materiais são enviados pelo fornecedor em caixas de cartão e rececionados no armazém de matéria-prima. No entanto, como o fluxo logístico destes materiais é muito elevado (são aplicados em todas as capas de assento) e o armazém encontra-se longe da secção de costura, existe um armazém central sem controlo de *stock*, onde são armazenados estes materiais. Nesta secção trabalham 4 colaboradores do sexo masculino, por turno, sendo que um deles é o líder da equipa (turno normal). O líder é responsável por fazer as encomendas de matéria-prima ao armazém onde são rececionados os materiais, sendo este pedido efetuado uma vez por dia. De acordo com os dados fornecidos pelos trabalhadores desta secção, os *stocks* existentes correspondem a duas caixas por componente.

Neste armazém, as prateleiras encontram-se divididas por projeto, e a avaliação da MMC realizou-se para o modelo em estudo, o AF Mini F60. Um dos problemas identificados nesta secção foram os níveis da estrutura de armazenagem (Figura 36) não possuírem uma altura apropriada para a MMC até ao carrinho de abastecimento, e vice-versa. Em conjunto, os materiais encontram-se em 3 caixas distintas (um tipo de caixa por nível), com pesos diferentes, especificadas no Anexo X – Dados relevantes para a aplicação da Equação de NIOSH no Armazém dos Pequenos Materiais. Adicionalmente, a caixa situada no primeiro nível da estrutura contém telas de airbag que não são aplicadas no AF. De realçar que a

Gestão Visual é praticamente inexistente uma vez que não existe um local *standard* para a colocação das caixas, que dificulta a procura de componentes por parte dos distribuidores e aumenta o tempo de trabalho sem valor acrescentado.



*Figura 36 - Armazém dos pequenos materiais - AF Mini F60*

Após se verificar a necessidade de abastecimento da produção, os distribuidores usam um carrinho de abastecimento (Figura 37) para transportar as caixas de cartão com as referências requeridas, do pavilhão da preparação para a produção. Depois de abastecer os postos de trabalho, os distribuidores fazem o percurso inverso e, quando chegam ao armazém central, voltam a colocar as caixas nas prateleiras.

A função destes operadores baseia-se na elevação/abaixamento das caixas com os materiais, desde o armazém até ao carrinho de abastecimento e vice-versa. Este possui três níveis para colocação de caixas, sendo que em cada nível tem capacidade para duas caixas. As dimensões do carrinho encontram-se discriminadas no Anexo X – Dados relevantes para a aplicação da Equação de NIOSH no Armazém dos Pequenos Materiais, Tabela 58.



*Figura 37 - Carrinho de abastecimento dos pequenos materiais*

Uma análise mais detalhada do processo de abastecimento da produção possibilitou determinar as tarefas de manipulação envolvidas neste trabalho. Nesse sentido, de modo a avaliar o risco de lesões musculoesqueléticas em elevações/abaixamentos manuais de cargas foram identificadas 6 tarefas que podem envolver riscos para os colaboradores, apresentadas na Tabela 13.

*Tabela 13 - Descrição das tarefas de MMC e outras medições necessárias para a aplicação da equação de NIOSH*

Nº da tarefa	Descrição	Altura da pega (cm)	Tipo de caixa	Peso (Kg)
1	Baixar caixa mais alta do 3º nível para o carrinho de abastecimento	233	Caixa 3	4
2	Baixar caixa mais baixa do 3º nível para o carrinho de abastecimento	199		4
3	Baixar caixa mais alta do 2º nível para o carrinho de abastecimento	169	Caixa 2	10,77
4	Baixar caixa mais baixa do 2º nível para o carrinho de abastecimento	127		10,77
5	Baixar caixa mais alta do 1º nível para o carrinho de abastecimento	78	Caixa 1	21,415
6	Baixar/Elevar caixa mais baixa do 1º nível para o carrinho de abastecimento	26		21,415

De acordo com a Tabela 13, as tarefas consideradas foram a elevação/abaixamento das caixas com os pequenos materiais desde as prateleiras até ao carrinho de abastecimento. Para o cálculo do Peso Limite Recomendado, para além das tarefas acima referidas, é necessário ter em conta o nível do carrinho de abastecimento para o qual a carga é transportada, uma vez que diferentes distâncias fazem variar os multiplicadores da Equação de NIOSH. A título de exemplo, a tarefa nº3 apresenta-se ilustrada na Figura 38, com a tarefa de abaixamento a ser efetuada para o segundo nível do carrinho de abastecimento.



*Figura 38 - Tarefa nº3 de MMC*

De seguida procedeu-se ao cálculo do PLR para cada tarefa de elevação/abaixamento. Este procedimento foi realizado três vezes para cada tarefa, como foi referido anteriormente. Para isso é necessário calcular os 6 multiplicadores a aplicar à constante de carga (23 Kg), consoante as variáveis



da tarefa. Relativamente às tarefas de abaixamento/elevação da carga para o nível superior do carrinho, os *inputs* recolhidos para o cálculo do PLR são apresentados na Tabela 14.

*Tabela 14 - Equação de NIOSH - Inputs recolhidos para o nível superior do carrinho de abastecimento*

Nº da tarefa	Variáveis					
	H	V	D	A	MP	MF
1	41,5	233	158	90	0,9	0,85
2	41,5	199	124	90	0,9	0,85
3	45,5	169	94	90	0,9	0,85
4	45,5	127	52	90	0,9	0,85
5	47,5	78	3	90	0,9	0,85
6	47,5	26	49	90	0,9	0,85

De modo a completar os dados da Tabela 14, é de salientar que para a variável P (tipo de pegas), o valor 0,9 corresponde a uma má pega, ou seja, sem pontos de apoio para iniciar a manipulação. Relativamente à frequência média das elevações (F), o valor estimado corresponde a 0,2 elevações por minuto, uma vez que o processo de abastecimento da produção ocupa a maior parte do tempo destes colaboradores. Este valor, pela análise da tabela fornecida pelo método e tendo em conta um período com tarefas de elevação entre duas a oito horas, corresponde a 0,85.

Posteriormente, depois de devidamente calculados os outros multiplicadores através das equações definidas no método, foram obtidos os valores do PLR para as tarefas de elevação/abaixamento para o nível superior do carrinho de abastecimento, bem como o IE, que são apresentados na Tabela 15. A aplicação da Equação de NIOSH para os outros níveis do carrinho de abastecimento apresenta-se descrita no Anexo X – Dados relevantes para a aplicação da Equação de NIOSH no Armazém dos Pequenos Materiais.

*Tabela 15 - PLR e IE das tarefas de manipulação manual de cargas para o nível superior do carrinho*

Nº da tarefa	PLR	Peso da carga	IE	Comentários
1	3,37	4	1,19	<b>Risco para alguns trabalhadores</b>
2	4,06	4	0,99	<b>Ausência de risco</b>
3	4,29	10,77	2,51	<b>Risco para alguns trabalhadores</b>
4	5,27	10,77	2,04	<b>Risco para alguns trabalhadores</b>
5	15,16	21,42	1,41	<b>Risco para alguns trabalhadores</b>
6	5,13	21,42	4,18	<b>Risco para a maioria dos trabalhadores</b>

Por análise dos dados da Tabela 15, conclui-se que à exceção da tarefa nº2, todas as outras envolvem riscos para alguns trabalhadores, pelo que será necessário introduzir mudanças em breve. A situação mais crítica é a manipulação manual das caixas que se encontram no nível inferior do armazém uma vez que esta caixa possui um peso de 21,42 Kg. Adicionalmente, de forma a avaliar o risco de LMERT do sistema e não só das tarefas individualmente, calculou-se o Índice de Elevação Composto (IEC) para as manipulações efetuadas para o nível superior do carrinho. O IEC é utilizado para postos de trabalho

com multi-tarefas, em que se regista uma diferença significativa entre as variáveis. O resultado foi de 6,74, o que permite concluir que o posto de trabalho dos trabalhadores do armazém dos pequenos materiais é suscetível ao aparecimento de LMERT e que será necessário introduzir mudanças a nível ergonómico. A reestruturação da estrutura de armazenagem e a definição de uma nova caixa *standard* para alocação dos pequenos materiais, bem como o dimensionamento de um novo carrinho de abastecimento da produção serão propostos no capítulo seguinte.

#### 4.4.4 Inspeção de peles no pavilhão do corte de couro e desaproveitamento do espaço fabril

No pavilhão de corte de couro ocorrem vários processos de transformação da matéria-prima (couro), desde que as peles são rececionadas no cais até que dão origem ao SA de couro após passar pelos processos de corte, faceamento, laminação e inspeção, mencionados na secção 3.5.3. Nesse sentido, pela análise do fluxo de materiais nessa secção verificou-se que o processo de inspeção de peles provoca retrocesso de material para o armazém de matéria-prima.

As peles são rececionadas no armazém de matéria-prima em cavaletes e, seguidamente, são transferidas de acordo com as necessidades de materiais para o corte de couro. Seguidamente, as peles são inspeccionadas segundo a regra do FIFO, onde são colocadas uma a uma num cavalete próprio para a realização do processo de inspeção. Depois deste processo as peles seguem para um de dois cavaletes, um marcado a verde para as peles consideradas OK e um a vermelho para as NOK. Nesse sentido, aquando da rejeição de um número significativo de peles, estas são enviadas de volta para o armazém, onde está situada a *red zone* da qualidade, e ficam a aguardar a realização de um comex mensal com os fornecedores onde são apresentadas todas as peles consideradas NOK.

Cada cavalete possui em média 100 peles em couro e, no processo de inspeção de peles realizado no pavilhão de corte de couro, são rejeitadas entre 8 a 9 peles por cavalete. No caso da Coindu, uma pele é rejeitada quando a mesma tem áreas de defeito superior a 6 folhas A3 (definido internamente), sendo que os fornecedores não trabalham deste modo.

A existência deste refluxo de materiais entre o pavilhão de corte de couro e o armazém evidencia a presença de um dos 7 desperdícios, o excesso de transporte de materiais. Os operadores responsáveis pelo transporte dos cavaletes desde o armazém de matéria-prima até ao pavilhão de corte de couro e vice-versa, evidenciaram que este procedimento demora cerca de 5 minutos por cavalete, correspondente a uma distância de 300 metros. Na Figura 39 ilustra-se o *layout* atual do pavilhão de corte de couro, em que a área sinalizada a azul corresponde ao processo de inspeção de peles.

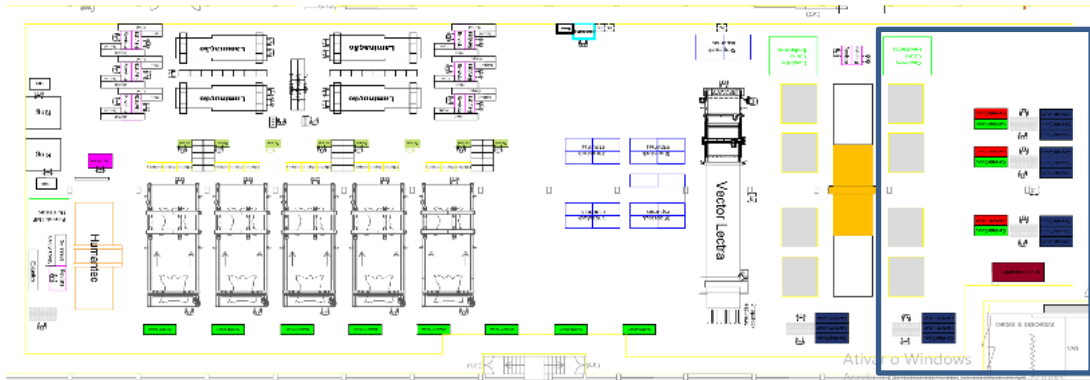


Figura 39 - Layout atual do pavilhão de corte de couro com o processo de inspeção de peles

Juntamente com a área onde são inspecionadas as peles em couro, o retângulo presente na Figura 39 também contempla a presença de quatro mesas de apoio da máquina de corte manual de couro. Estas mesas de apoio contêm os cortantes com a forma das imagens de base, colocados de forma a otimizar a área de corte da pele, que irão ser posteriormente movidos para a máquina de corte através de uns rolamentos presentes nestas mesas. Devido à presença de 5 máquinas de corte automático, a máquina de corte manual é apenas responsável pelo corte de peles em couro com porosidades, pelo que os seus níveis de ocupação são reduzidos. Assim, foi também estudada a possibilidade de retirar 4 mesas de apoio para maximizar o aproveitamento do espaço neste pavilhão.

#### 4.4.5 Falta de controlo sob os defeitos nas operações auxiliares

Nas operações auxiliares, mais precisamente nas máquinas que executam operações de *Rauten*, o controlo da produção é realizado pelo sistema de informação interno. O Sistema Integrado de Apoio à Produção (SIAP) possui um leque de funcionalidades, principalmente a nível operacional, como as informações relativas às OF's, processos de fabrico e gamas operatórias, o registo dos defeitos detetados nos respetivos postos de trabalho, entre outras. No entanto, na análise dos indicadores de desempenho destas máquinas, apenas são tidos em conta o número de peças produzidas, o número de defeitos e os níveis de produtividade atingidos pelos três turnos de trabalho da secção, sem ser realizada uma análise mais detalhada sobre os principais defeitos provocados naquele setor. Nesse sentido, não existe a deteção de potenciais problemas nem a identificação de ações para os solucionar, de modo a reduzir o número de defeitos provocados pelas máquinas.

### 4.5 Síntese dos problemas

Após a identificação e análise dos principais problemas encontrados elaborou-se um esquema resumo onde estão discriminados todos os tópicos que serão alvo de melhorias no próximo capítulo. Na Tabela

16 presentes os problemas, as consequências dos mesmos e a categoria de desperdício em que se inserem.

Tabela 16 - Síntese dos problemas identificados

Problema	Secção	Consequência	Tipo de desperdício
Costuras de enchimento executadas na célula de produção	Costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operadores não fazem parte das equipas de produção</li> <li>WIP acumulado nas paletes de matéria-prima</li> <li>Partilha de <i>stock</i> de produtos em diferentes fases de transformação</li> </ul>	Processamento inadequado, <i>stocks</i> e defeitos
Balaceamentos desequilibrados	Costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perdas de produção associadas à distribuição desigual da carga de trabalho pelos operadores</li> <li>Operadores limitados pela cadência de trabalho dos colegas</li> </ul>	Esperas e não aproveitamento do potencial humano
<i>Layout</i> de máquinas desadequado	Costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevada distância percorrida pelas peças</li> <li>Troca de produção requer um elevado tempo de setup na equipa 43H</li> <li>Cruzamentos podem causar danos nas peças</li> </ul>	Transportes, esperas e defeitos
Elevado tamanho dos lotes de produção	Costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado WIP na célula de produção</li> <li>Duas OF's em produção simultaneamente</li> </ul>	<i>Stocks</i> e defeitos
Falta de trabalho <i>standard</i> nas células de produção	Costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incumprimento da ordem de operações</li> </ul>	Defeitos
Postos de trabalho que aplicam pequenos materiais desorganizados	Costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operador necessita de se levantar para os distribuidores realizarem o abastecimento</li> <li>Elevado tempo de <i>picking</i> de componentes da caixa</li> <li>Adoção de posturas inapropriadas pelos operadores de costura para pegar nos componentes situados nas caixas</li> </ul>	Esperas
Falta de controlo sobre o abastecimento de pequenos materiais	Armazém central dos pequenos materiais e costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidade não controlada de materiais que implica que o distribuidor realize rotas para verificar necessidade de abastecimento</li> <li>Elevada capacidade da caixa atual faz com que um abastecimento garanta mais que um dia de produção</li> </ul>	Movimentações e <i>stocks</i>
Falta de organização na preparação de OF's de SA	Preparação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de pessoas superior ao número de equipamentos</li> <li>Falta de polivalência dos colaboradores</li> <li>Inexistência de procedimentos <i>standard</i> na troca de turno</li> </ul>	Esperas e não aproveitamento do potencial humano
Falta de identificações das zonas de armazenamento e condições ergonómicas deficitárias	Armazém central dos pequenos materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>MMC das prateleiras para o carrinho de abastecimento possuem um IEC que indica que este posto de trabalho é suscetível ao aparecimento de LMERT</li> <li>Elevado <i>stock</i> de caixas com materiais</li> <li>Perdas de tempo à procura dos componentes</li> </ul>	<i>Stocks</i> e esperas
Existência de refluxo de material NOK e inaproveitamento do espaço fabril	Corte de couro e armazém de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demasiado tempo despendido no transporte de materiais</li> <li>Equipamento sem utilidade a ocupar uma área considerável do pavilhão de corte de couro</li> <li>Peles defeituosas não são detetadas na fonte</li> </ul>	Transportes e defeitos
Inexistência de controlo sob os indicadores de qualidade	Operações Auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificuldade na identificação de problemas</li> </ul>	Defeitos

## 5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo serão apresentadas propostas de melhoria relativamente aos problemas enunciados no capítulo anterior. Para uma melhor compreensão das soluções propostas, na Tabela 17 apresenta-se o plano de ações proposto com recurso à ferramenta 5W2H.

Tabela 17 - Plano de ação 5W2H para os problemas identificados

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Formação de novas famílias de produtos	Processo de enchimento nas células provoca diferenças significativas entre as variantes	Passagem do processo de enchimentos para as operações preparatórias	José Costa e Equipa de Métodos e Tempos	Equipa 43H e 43G	Março de 2019	0 UM
Elaboração de novos balanceamentos	Balanceamentos desequilibrados	Estudo das gamas operatórias e precedências operatórias e distribuição equilibrada das operações pelos operadores	José Costa e Equipa de Métodos e Tempos	Equipa 43H e 43G	Março de 2019	0 UM
Criação de novos <i>layouts</i> de máquinas	Elevados cruzamentos de peça, fluxos transpostos, trocas e distância percorrida pelas peças	Estudo dos fluxos de peça	José Costa e Equipa de Métodos e Tempos	Equipa 43H e 43G	Março de 2019	0 UM
Redução do tamanho do lote de produção	Elevado WIP nas células que podem originar defeitos em série	Redução do lote de produção para 3 unidades	José Costa e Equipa de Métodos e Tempos	Equipa 43H e 43G	Março e abril de 2019	0 UM
Elaboração de folhas de <i>Standard Work</i>	O incumprimento da ordem das operações pode originar defeitos	Estudo de tempos operatórios e das operações afetas a cada operador, entre outras variáveis	José Costa	Equipa 43H e 43G	Março de 2019	0 UM
Dimensionamento de um novo posto de trabalho para aplicação de pequenos materiais	Risco de aparecimento de LMERT e elevado tempo de <i>picking</i> de componentes	Introdução de um bordo de linha por cima da máquina de costura	José Costa e Equipa de Melhoria Contínua	Equipa 43G	Abril de 2019	200 UM
Implementação do sistema de duas caixas no abastecimento de pequenos materiais	<i>Stock</i> não controlado e excesso de movimentações dos distribuidores	Introdução de uma nova caixa <i>standard</i> e estudo dos componentes aplicados nas peças em análise. Estudo da procura e definição de ciclos de reabastecimento	José Costa e Equipa de Melhoria Contínua	Equipa 43G	Abril de 2019	1000 UM
Reorganização do armazém dos pequenos materiais e aplicação da técnica 5S	Falta de identificações das zonas de armazenamento e condições ergonómicas deficitárias	Reajuste da altura das prateleiras e dimensionamento de um novo carrinho de abastecimento. Limpeza e definição de um local para cada componente de cada variante	José Costa e Equipa de Melhoria Contínua	Armazém dos pequenos materiais	Abril de 2019	300 UM
Otimização do processo de preparação de OF's de SA	Baixa taxa de ocupação e falta de polivalência dos operadores e problemas na troca de turno	Redução de um operador neste setor e elaboração de um programa de rotatividade dos operadores. Introdução de turno contínuo	José Costa e Equipa de Melhoria Contínua	Preparação de materiais	Fevereiro de 2019	0 UM
Alteração do <i>layout</i> de corte de couro e maior aproveitamento do espaço fabril	Existência de refluxo de material NOK e inaproveitamento do espaço fabril	Passagem do processo de inspeção de peles para o armazém de matéria-prima. Inclusão das operações auxiliares no pavilhão de corte de couro	José Costa e Equipa de Melhoria Contínua	Corte de couro	Abril/Maio de 2019	0 UM
Introdução de medidas corretivas nas máquinas de costura semiautomática	Elevado número de defeitos no material originados pelas máquinas	Criação de uma ferramenta que permite ao utilizador obter informação acerca dos indicadores de qualidade	José Costa, Equipa de Melhoria Contínua e outros	Operações Auxiliares	Janeiro/fevereiro de 2019	0 UM

## 5.1 Reorganização do processo de enchimento para o pavilhão da preparação

Como já referido anteriormente, um dos problemas existentes nas equipas de produção em estudo é o facto dos operadores responsáveis pela costura de enchimento não estarem inseridos nas equipas de produção, ainda que os processos estejam fisicamente juntos, com a partilha de *stock*. Deste modo, foi proposta a passagem dos três operadores que realizavam costuras de enchimento para o pavilhão da preparação, onde já se encontram equipas especializadas em enchimentos (operações preparatórias). Os dois operadores que se encontravam no início da linha de produção, que não possuem indicadores de desempenho associados ao seu trabalho, e o operador do posto 10 (equipa 43H) responsável pelas costuras de enchimento da almofada central para a variante *Yours*, formaram uma nova equipa de enchimentos no pavilhão da preparação.

Com esta alteração, os operadores foram acompanhados pela equipa de métodos e tempos da empresa, no sentido de quantificar os tempos teóricos de cada operação, de modo a ser possível prever e controlar os níveis de produção associados ao processo de enchimentos. Nesse sentido, as OF's pertencentes às variantes que não possuem costuras de enchimento mantêm o fluxo de materiais. Relativamente às variantes que possuem operações de enchimento, a OF após passar pelas operações auxiliares (costura semiautomática) é transportada para uma *rack* de abastecimento das operações preparatórias.

Quando a OF se encontra com os enchimentos todos costurados no couro, a OF é transportada para a *rack* da preparação, pronta para seguir para a secção de costura.

## 5.2 Projeto de células

Com o objetivo de melhorar os níveis de produtividade e reduzir os desperdícios associados às células de produção existentes, procedeu-se à formação de novas famílias de produtos para as equipas de produção 43H e 43G, à elaboração de novos balanceamentos para os modelos produzidos nestas células, e à implementação de um novo *layout* intracelular. Para além disso, foi dimensionado um novo posto de trabalho para aplicação de pequenos materiais, que reduziu o risco de LMERT e procedeu-se à elaboração de folhas de *Standard Work* para reduzir a variabilidade de processos e do trabalho humano. O envolvimento de todos foi a chave do sucesso destas implementações.

### 5.2.1 Formação de novas famílias de produtos

As equipas de produção 43H e 43G, como referido na secção 4.3.1, destinam-se à produção da peça AF *Sport* Mini F60, em que cada uma das equipas produz determinadas variantes devido à dificuldade

de as sobrepor. Através da reorganização do processo de enchimentos, foi possível eliminar as principais diferenças entre as 8 variantes do Mini F60, as costuras de enchimento.

Apesar das diferenças no material constituinte, as máquinas de costura processam de igual maneira o couro e o tecido, sem que haja mudanças nas especificações das máquinas. Outro aspeto importante no que concerne à formação de famílias de produtos é a análise das gamas operatórias e dos processos de fabrico. Através da sua observação, é possível verificar que as variantes são passíveis de ser fabricadas na mesma célula de produção visto que as precedências operatórias são idênticas, o que faz com que o fluxo de materiais seja similar.

Deste modo, as 8 variantes *Sport* do AF Mini F60 foram agrupadas na mesma família de produtos, estando assim aptas a ser produzidas na equipa 43H e na 43G. Esta implementação permitiu aumentar a flexibilidade das equipas de produção em responder à variação da procura, permitindo aos gestores de produção gerir de melhor forma a produção desta peça.

#### 5.2.2 Instanciação e agrupamento de máquinas

O número de operadores em cada célula é definido pelo gestor de produção e mante-se nos 9 operadores. A equipa 43H era constituída por 10 colaboradores, mas um operador foi alocado ao processo de enchimentos. Com o agrupamento das variantes, o número de máquinas necessárias em cada equipa é igual, bem como o balanceamento e o fluxo da peça.

Deste modo, para a fabricação deste modelo são necessárias máquinas específicas como: máquina de uniões, máquina de costura decorativa de 1 agulha, máquina de costura decorativa de 2 agulhas e máquina de perfis. Devido à reorganização do *layout* de máquinas e à criação de 3 postos duplos (antigo *layout* possuía apenas 2), o número de equipamentos necessários aumentou para 12, que corresponde a mais uma máquina por equipa de produção.

#### 5.2.3 Instanciação de postos de trabalho

Na etapa de instanciação de postos de trabalho procedeu-se ao balanceamento das células de produção e à afetação dos operadores às máquinas, que implicou a sua formação em operações específicas.

##### 5.2.3.1 Balanceamentos

De acordo com os balanceamentos atuais para as variantes do AF Mini F60, presente na secção 4.3.2, as taxas de ocupação dos operadores possuem uma variação considerável, havendo perdas produtivas

associadas às equipas de produção. Deste modo, procedeu-se ao rebalanceamento das células de produção, de modo a melhorar o fluxo da peça e equilibrar as taxas de ocupação dos operadores.

Devido à formação de uma nova família de produtos, teve-se ainda em consideração a adequabilidade do *layout* intracelular para produzir todas as variantes *Sport* do Mini F60. O primeiro passo passou por otimizar o balanceamento para a variante *Yours* devido à sua maior complexidade e, de seguida, sobrepor as outras variantes de acordo com o *layout* definido. Este procedimento não se constituiu um problema devido à similaridade das variantes.

Durante este processo, teve-se em consideração as precedências operatórias, o que provocou a alteração da ordem definida nas gamas operatórias fornecidas pela empresa. A montagem da peça pode ser realizada de diferentes formas, e a distribuição das operações foi realizada de maneira a que não aconteça o refluxo de material e de modo a reduzir a dificuldade no manuseamento da peça. Assim, a ordem da execução das operações foi alterada, após análise com a equipa de métodos e tempos e com as técnicas de costura.

De modo a introduzir o balanceamento proposto, recorreu-se à formação de operadores em operações específicas, visto que estes, na sua grande maioria, encontram-se especializados num tipo de operações. Todo este processo realizou-se em cooperação com as chefes de linha dos dois turnos, que através do seu conhecimento dos operadores, atribuíram as pessoas ao posto de trabalho com base nas suas competências. O novo balanceamento para as peças AF *Sport* Mini F60, produzidas na equipa 43H e 43G, encontra-se discriminado no Anexo XI – Balanceamentos implementados na equipa 43H e 43G. Na Figura 40 é possível observar-se o gráfico com os tempos operatórios e as taxas de ocupação dos operadores em ambos os turnos, para a variante *Yours*.

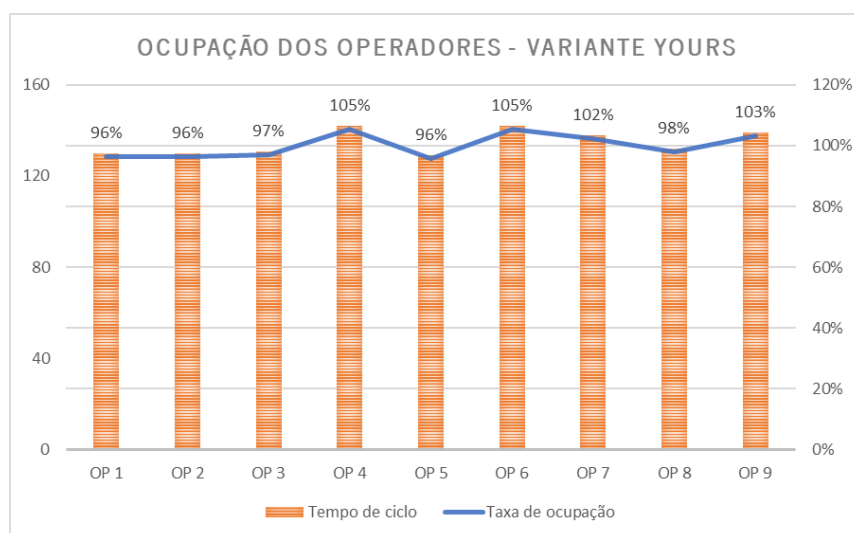


Figura 40 - Ocupação dos operadores com o novo balanceamento – variante Yours



Pela análise da Figura 40 e através da implementação do novo balanceamento, verifica-se que os tempos operatórios dos operadores para a variante *Yours* apresentam-se equilibrados. A maior discrepância de tempos acontece entre o operador 1 e o operador 4 (12 segundos), que corresponde a 9 pp.

Em relação às outras variantes em estudo, os balanceamentos propostos apresentam taxas de ocupação dos operadores equilibradas, em que o pior cenário acontece para a variante *Cross Punch*. Nesta variante, o *bottleneck* possui uma taxa de ocupação de 106% (operador 7), enquanto que o operador 5 apresenta 93%. Esta diferença corresponde a 13pp, em que o operador mais sobrecarregado despende mais 13 segundos por ciclo de trabalho, o que não é significativo devido à elevada variabilidade causada por este processo manual.

### 5.2.3.2 Formação de operadores

Como mencionado anteriormente, a aplicação de novos balanceamentos implica a formação de alguns operadores em operações que não nunca executaram ou que já não executam há algum tempo. Aquando da implementação dos novos balanceamentos, em conjunto com as supervisoras dos dois turnos, procedeu-se à alocação dos operadores pelos postos de trabalho definidos, tendo em conta o seu grau de qualificações na execução das operações. Contudo, devido à falta de polivalência provocada pelo balanceamento atual, tornou-se necessário formar alguns operadores, como demonstra a Tabela 18. Esta formação foi fornecida pela supervisora de cada turno durante o horário laboral, por isso prevê-se que os níveis de produtividade não atinjam o esperado durante a primeira semana. O aumento da polivalência permite às equipas combater de maneira mais eficaz o absentismo inerente ao processo de costura, que implica a execução de operações normalmente associadas a outro posto de trabalho.

Tabela 18 - Processos de formação realizados

Equipa	Operador	Operações a formar			
		CD2AG	Uniões	VIVO	CD1AG
43H	1	X			
	2		X		
	6				X
43G	1	X			
	2		X		
	3			X	
	6				X

### 5.2.4 Organização intracelular e controlo

Nesta etapa são projetados os novos layouts das células e definido o novo tamanho do lote de produção. As folhas de trabalho normalizado serão também abordadas nesta secção.

### 5.2.4.1 Implantação de novos layouts intracelulares

A implantação do novo balanceamento, para além de reduzir as diferenças dos tempos operatórios dos operadores das células de produção em estudo, teve como objetivo reduzir o número de trocas de peça e fluxos transpostos ou inversos. Para que tal fosse possível, teve-se em consideração as precedências operatórias de modo a que fosse possível o fluxo contínuo da peça, sem retrocessos. Como referido no capítulo 4.3.3, verifica-se a existência de um *layout* em “U”, com a peça a seguir um fluxo entre os dois lados do tampo central, até chegar ao posto de revista. No novo *layout*, a peça percorre todos os postos de trabalho de forma consecutiva, não existindo a necessidade de atravessar o tampo central para a execução de operações noutra máquina.

Para que tal fosse possível, procedeu-se à reorganização do *layout* intracelular, com especial ênfase para o acréscimo de um posto duplo, que para além de equilibrar os tempos operatórios de cada operador, permitiu também aumentar a polivalência dos mesmos. O novo *layout* das equipas 43H e 43G apresenta-se ilustrado na Figura 41, juntamente com o fluxo da peça para as variantes *Yours*, *Chester* e *Lounge*.

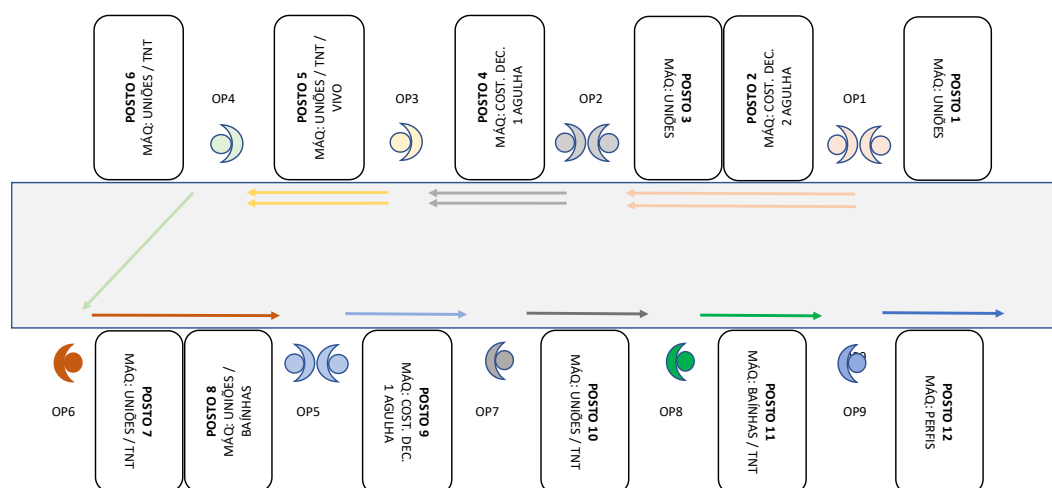


Figura 41 - Novo layout e fluxo de peça - variante *Yours*, *Chester* e *Lounge*

De acordo com a Figura 41, o novo *layout* possui três postos duplos, P01-P02, P03-P04, P08-P09, de modo a garantir o melhor balanceamento possível, aumentar a polivalência dos operadores e garantir um fluxo contínuo da peça ao longo do *layout* intracelular. Relativamente a este último tópico, o fluxo de peça para estas variantes não apresenta cruzamentos de peça nem fluxos transpostos, o que permitiu reduzir significativamente o número de trocas de peça para doze. Com isto verificou-se também a redução da distância percorrida pela peça, desde que dá entrada no primeiro posto de trabalho até ao posto de revista, para 13,8 metros.

O facto de cada operador apenas receber e fornecer um posto de trabalho permite aumentar a gestão visual dentro da célula de produção e, ao mesmo tempo, facilitar o trabalho dos operadores. Deste modo,

torna-se mais fácil identificar um problema num posto de trabalho através da acumulação de WIP. Estes problemas podem estar relacionados com a falta de manutenção das máquinas, falta de ritmo do operador ou a existência de defeitos em série.

O fluxo de peça para as outras variantes em estudo é apresentado na Figura 74 do Anexo XII – Novo *layout* de máquinas e fluxo de peça para as equipas 43H e 43G. O fluxo de peça é idêntico para as 8 variantes em estudo, com a particular diferença da união das laterais ser realizada pelo operador 3 para estas cinco variantes, ao invés do que acontece para as variantes *Yours*, *Chester* e *Lounge* (Figura 41), em que apenas ocorre no operador 4. Na Tabela 19 encontram-se discriminados os indicadores que revelaram melhorias com a implantação do novo *layout* de máquinas, para as variantes *Double Stripe*, *Kunst*, *Cross Punch*, *Black Pearl* e *Stoff Dinamica*.

Tabela 19 - Quantificação dos fatores em análise após a implantação do novo *layout*

Variante	Nº de cruzamentos de peças	Nº de fluxos transpostos	Nº de trocas de peça	Distância percorrida pela peça (metros)
Stoff Dinamica	0	0	11	12,7
Black Pearl	0	0	11	12,7
Kunst	0	0	11	12,7
Double Stripe	0	0	11	12,7
Cross Punch	0	0	11	12,7

#### 5.2.4.2 Redução do tamanho dos lotes de produção

Através do rebalanceamento das células de produção e da implantação de um *layout* intracelular com o fluxo contínuo da peça, foi possível proceder-se à redefinição do tamanho dos lotes de produção. Como o objetivo da empresa passa por atingir o *one-piece-flow* nas células de produção, a redução do tamanho de lote passou de 10 para 3 unidades de cada imagem de base a operar. Esta redução permite maximizar o espaço de trabalho de cada operador de costura, reduzir o número máximo de defeitos em série detetados na revista, diminuir o número de defeitos provocados pela troca de componentes ou pela falta deles em cada posto de trabalho e, aumentar a Gestão Visual dentro das equipas de produção. A Gestão Visual permite uma rápida identificação dos problemas existentes em cada posto de trabalho, através do cumprimento ou não do tamanho de lote definido.

#### 5.2.4.3 Elaboração de folhas de *Standard Work*

As folhas de *standard work* permitem que o conteúdo e a sequência do trabalho realizado em cada posto de trabalho seja igual, independentemente do operador. Devido à existência de várias variantes do AF

*Sport* Mini F60, o autor criou folhas de *standard work* para a variante *Yours* por se entender que é a variante mais problemática.

Estas folhas possuem informação relevante à produção desta variante como o processo de fabrico e o *layout* da célula, com o respetivo posto de trabalho identificado com um círculo. Na parte superior esquerda encontra-se informação relativa à célula de produção, como o número de operadores, o posto de trabalho em causa e o tamanho do lote. Ainda na parte superior esquerda, também é apresentada informação acerca da variante *Yours*, onde se encontra descrito o tempo de peça, o tempo de ciclo ideal da equipa, o tempo de operações relativamente ao balanceamento implementado e, por fim, a taxa de ocupação do operador em causa.

Na parte inferior encontra-se descrito a sequência do trabalho a realizar pelo operador do(s) posto(s) de trabalho em causa, bem como o diagrama de *Gantt* com a ordem cronológica de cada ciclo de trabalho. No Anexo XIII – Folhas de *Standard Work* relativas às equipas de produção 43H e 43G são apresentadas as folhas de trabalho normalizado para cada posto de trabalho.

#### 5.2.5 Introdução de bordos de linha no posto de trabalho

De forma a prevenir o aparecimento de LMERT nos operadores de costura responsáveis pela aplicação dos pequenos materiais na peça, problema identificado na secção 4.3.7, propôs-se um novo dimensionamento do posto de trabalho, com a introdução de bordos de linha no abastecimento destes materiais (Figura 42). Deste modo, tornou-se necessário proceder à alteração da caixa *standard* de armazenamento dos pequenos materiais no posto de trabalho, bem como a um novo sistema de abastecimento, o sistema *Kanban* na modalidade *2bin-system* ou sistema de duas caixas. Este sistema implica o uso de duas caixas por cada componente aplicado na peça, e é vulgarmente utilizado em materiais de baixo custo e de pequenas dimensões. O dimensionamento desta proposta apresenta-se detalhado no próximo subcapítulo.

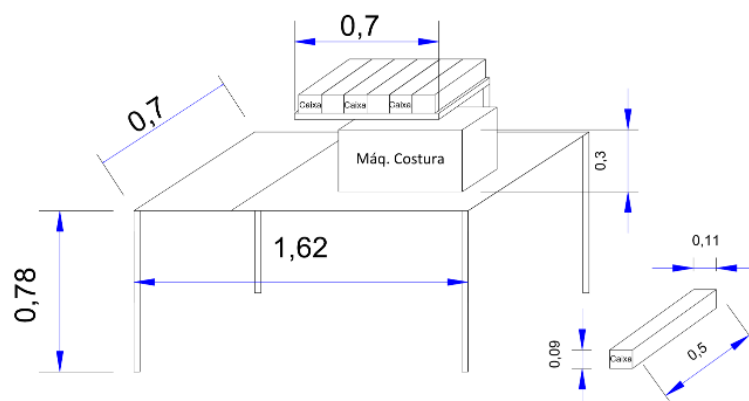


Figura 42 - Desenho do novo posto de trabalho e dimensões da caixa standard

Na Figura 42 verifica-se a presença de uma estrutura suportada pela mesa de costura, que permite ao operador não efetuar movimentos de abaixamento nem adotar posturas desadequadas aquando da aplicação destes materiais. As caixas com os pequenos materiais são colocadas numa prateleira de madeira situada à altura da máquina de costura, pelo que não compromete o abastecimento por parte dos distribuidores. Esta prateleira foi dimensionada para receber seis caixas, uma vez que o posto de trabalho mais crítico aplica três componentes diferentes.

Com o novo “protótipo” de posto de trabalho foi novamente aplicado o método RULA para avaliar a postura dos operadores e a possibilidade do aparecimento de LMERT aquando da pega dos pequenos materiais provenientes das caixas. O estudo encontra-se apresentado no Anexo XIV – Avaliação RULA do novo posto de trabalho com pequenos materiais, e atribui uma pontuação de 3 a esta tarefa, pelo que apresenta uma melhoria em relação à pontuação de 6 e 7 identificadas no Capítulo 4 para a mesma função.

Após a validação do posto de trabalho com base nos princípios ergonómicos, o bordo de linha foi desenvolvido pelo departamento de manutenção da empresa. A equipa de produção piloto para a qual as estruturas foram desenvolvidas foi a equipa 43G, em que ao todo foram construídas 4 estruturas. O aspeto final desta proposta de melhoria é apresentado na Figura 43.



*Figura 43 - Novo posto de trabalho de aplicação de pequenos materiais*

Com a nova estrutura, para além de melhorar as condições de trabalho dos operadores, foi também possível eliminar as antigas caixas com pequenos materiais que se encontravam debaixo do tampo central que divide a equipa de produção. Deste modo, foi possível reduzir significativamente o *stock* de pequenos materiais na célula de produção e ainda facilitar o abastecimento ao posto por parte dos

abastecedores. A colocação dos bordos de linha em frente aos operadores de costura permitiu minimizar o tempo dos movimentos de *picking*, libertando esse tempo para tarefas com valor acrescentado.

### 5.3 Abastecimento de pequenos materiais por sistema “duas caixas”

Como referido na secção 5.2.5, o novo posto de trabalho implica a adoção de um sistema *pull*, o sistema de duas caixas. Este sistema constitui uma ordem de reposição interna assim que uma caixa fique vazia. A quantidade a abastecer passaria a ser fixa com o pressuposto que o *lead time* é inferior ao tempo de consumo de uma caixa.

De igual modo, com a criação do novo posto de trabalho para aplicação de pequenos materiais, tornou-se imperativo modificar a área de armazenamento destes materiais devido ao risco de LMERT associados à MMC por parte dos operadores desta secção (problema referido na secção 4.4.3). O objetivo da nova estrutura de armazenamento é:

- Fácil identificação dos componentes utilizados em cada variante;
- Definir uma localização fixa para cada componente;
- Permitir o acesso fácil e rápido a cada caixa;
- Diminuição do risco de LMERT associado à MMC no armazém dos pequenos materiais.

No entanto, houve algumas restrições no processo que tornaram a implementação do sistema de duas caixas parcial. O facto do fornecedor enviar os componentes em caixas de cartão faz com que seja necessário a operação de *decanting*, isto é, a transferência dos materiais para a nova caixa *standard* antes destas serem fornecidas ao posto de trabalho.

#### 5.3.1 Dimensionamento da proposta

Primeiramente, tornou-se necessário estudar todos os pequenos materiais referentes à peça AF *Sport* do Mini F60, de modo a identificar as necessidades e estudar as dimensões da nova caixa. Depois de consultar os processos de fabrico no SIAP, verificou-se que a referência dos materiais aplicados em cada peça varia, e as suas dimensões podem ir desde os 2 centímetros até a um metro de comprimento. O passo seguinte passou por agrupar as variantes que aplicam as mesmas referências de pequenos materiais e, entre as 8 variantes estudadas, verificou-se que apenas três diferem em relação aos materiais constituintes da peça (Anexo XV – Capacidade da caixa *standard* e quantidade de caixas no posto de trabalho).

Procedeu-se então à definição da caixa *standard* para a colocação dos materiais, que é também ilustrada no Anexo XV – Capacidade da caixa *standard* e quantidade de caixas no posto de trabalho e possui as dimensões apresentadas na Figura 42. Devido às discrepâncias nas dimensões dos pequenos materiais, optou-se por retirar deste estudo os materiais de dimensão superior a 50 centímetros, que devido às suas grandes dimensões, comprometem o sucesso desta implementação. Para estes materiais foi proposta a introdução de um tubo de plástico situado por debaixo das mesas de costura, que obteve limitações à sua implementação aquando do término deste projeto devido à falta destas estruturas.

Com o objetivo de determinar o número de caixas necessárias no posto de trabalho para cada material, utilizou-se a Equação 1:

$$N_c = \frac{P \times L_t + Q_s}{Q} + 1 \quad (1)$$

Em que:

P – Procura (produtos/unidade de tempo);

L<sub>t</sub> – *Lead Time* (unidades de tempo);

Q – Capacidade da caixa (produtos);

Q<sub>s</sub> – Quantidade de segurança (produtos).

O processo fornecedor de pequenos materiais ao processo de costura é o armazém dos pequenos materiais. O tempo de fornecimento à linha, desde o momento em que a caixa fica sem materiais até que é colocada novamente no posto de trabalho (cheia), considerou-se no máximo trinta minutos devido à proximidade física dos processos. Considerando que um dia de trabalho possui 16 horas produtivas (2 turnos de 8 horas), o prazo de entrega é igual a 0,03 dias.

A procura foi definida com base nos consumos médios da equipa de produção 43G na semana 15, assumindo o valor de 350 peças por dia (atribuindo uma margem de 10%). No entanto, apesar deste consumo ser relativo à soma da produção de todas as variantes, optou-se pelo dimensionamento das caixas por excesso devido à elevada flutuação da procura, assumindo-se este valor para cada uma delas. A quantidade de segurança (21 unidades) definiu-se como sendo a diferença entre o pico de produção diário e a procura estipulada (175 unidades/turno), tendo em consideração o período de análise acima referido.

De modo a quantificar a capacidade máxima da caixa, tornou-se necessário efetuar testes no terreno para cada uma das referências de materiais. A capacidade da caixa e o número de caixas necessárias

no posto de trabalho encontram-se apresentadas no Anexo XV – Capacidade da caixa *standard* e quantidade de caixas no posto de trabalho.

Pela observação da Tabela 75 presente no Anexo XV – Capacidade da caixa *standard* e quantidade de caixas no posto de trabalho, verifica-se que para todas as referências de materiais são necessárias duas caixas no posto de trabalho. De salientar que nos três conjuntos de variantes identificados são aplicados 6 pequenos materiais (2 perfis rígidos, 3 TNT e 1 manga), sendo que apenas um destes difere de variante para variante (TNT's). No entanto, na fase inicial do projeto definiu-se que cada grupo iria funcionar como um sistema diferente, não existindo caixas em comum. Esta medida foi adotada para que a troca de produção não interfira com o ciclo de abastecimento à equipa (troca de apenas uma caixa) e de forma a tornar mais intuitiva a organização do armazém. Assim, como se observa na Tabela 75, os agrupamentos de variantes são:

1. *Cross Punch, Double Stripe, Kunst e Black Pearl;*
2. *Lounge, Yours e Chester;*
3. *Stoff Dinamica.*

De seguida, pretendeu-se dimensionar o bordo de linha identificado na Figura 42. Nesse sentido, teve-se em consideração o posto de trabalho no qual são aplicadas mais referências de pequenos materiais, garantindo deste modo que o cenário com mais caixas é albergado dentro dos limites estabelecidos. Verificou-se que no posto 12, na variante *Yours*, são aplicados dois perfis rígidos e uma manga. Assim, a prateleira identificada na Figura 42 foi dimensionada para acolher 6 caixas *standard*, como referido anteriormente.

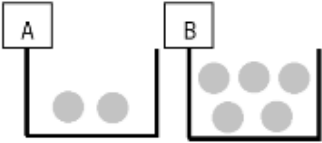
Seguidamente, definiu-se a frequência de abastecimento dos postos de trabalho, através da divisão da capacidade da caixa *standard* pela procura máxima para uma hora (25). O componente com maior rotação necessita de um abastecimento de 4,6 em 4,6 horas, pelo que será necessário que durante cada turno de trabalho, os distribuidores abasteçam a equipa 2 vezes, uma delas no final de turno. Deste modo, as caixas com os materiais referentes a cada posto de trabalho apresentar-se-ão completas no início de cada turno.

#### *5.3.1.1 Funcionamento do sistema de duas caixas*

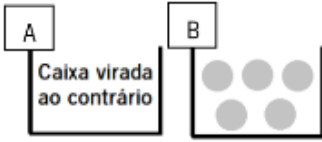
Com a implementação desta solução, verifica-se que o *stock* máximo por componente, no bordo de linha, será de duas caixas. Pode-se então concluir que não ocorrerão roturas no abastecimento à equipa de produção se o tempo entre a deteção de uma caixa vazia no bordo de linha e o seu reabastecimento,



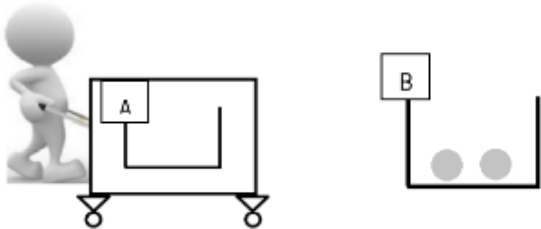
em caixa cheia, for inferior ao tempo de esvaziamento da caixa em utilização. O ciclo de reabastecimento corresponde à frequência de abastecimento, definida para o componente que possui maior rotação, que corresponde a ciclos de quatro em quatro horas. Este valor foi arredondado por defeito de modo a contemplar a situação mais crítica que pode acontecer. Neste caso será se o operador retirar o último componente da caixa no momento a seguir à passagem do distribuidor. Como o tempo de entrega corresponde a 0,5 horas, o distribuidor mesmo assim consegue abastecer o posto de trabalho a tempo deste não entrar em rotura. Na Figura 44 é apresentado o esquema de funcionamento do sistema de duas caixas.



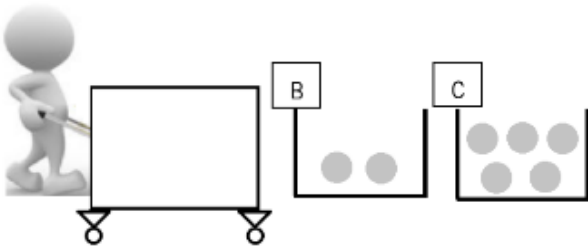
O consumo inicia-se pela caixa A. Quando o último componente da caixa A é consumido, o operador vira a caixa ao contrário como forma de sinal ao operador de abastecimento.



Quando a caixa A é esvaziada, o operador começa a consumir os materiais da caixa B. A caixa B está dimensionada para garantir que não há rotura de materiais enquanto a caixa A tiver que ser substituída.



O abastecedor passa na equipa conforme a frequência de abastecimento definida e recolhe a caixa A vazia.



O abastecedor substitui a caixa A por uma cheia no armazém central e, na rota seguinte, coloca uma nova caixa C no posto de trabalho.

Caixa A é reabastecida através das caixas do fornecedor e colocada no armazém dos pequenos materiais.

Figura 44 - Esquema do funcionamento do sistema de duas caixas

### 5.3.2 Reorganização do armazém dos pequenos materiais e aplicação da técnica 5S

A desorganização do armazém dos pequenos materiais ficou evidenciada na secção 4.4.3. Para melhorar esta situação, recorreu-se ao dimensionamento deste armazém, garantindo que a caixa utilizada no posto de trabalho seria também a caixa armazenada nesta secção.

Ao implementar o sistema de duas caixas no posto de trabalho, considerou-se que o armazém de materiais também deve funcionar nesse sistema. Deste modo, o *stock* mínimo de um componente presente no armazém deve ser o dobro da quantidade do nível de reposição. Esta conclusão apresenta-se na Equação 2:

$$\textit{Stock mínimo no armazém por componente } i = 2 \times \textit{quantidade } i \textit{ do nível de reposição} \quad (2)$$

Desta equação deduz-se que o *stock* mínimo no armazém de pequenos materiais será igual a 2 caixas cheias, uma vez que o nível de reposição de um componente na linha é quando este apresenta a quantidade correspondente a uma caixa cheia.

Apesar de ter sido definido o número de caixas presentes no armazém, evidenciou-se um problema. Devido à indisponibilidade do armazém de matéria-prima disponibilizar um operador para realizar a operação de *decanting* de caixas de cartão para a caixa *standard*, durante o período deste projeto, o abastecimento do armazém central continuou a ser realizado através de caixas de cartão. Tendo em conta estas restrições, definiu-se a existência de apenas uma caixa *standard* por componente no armazém central, em conjunto com as caixas recebidas do fornecedor. A operação de *decanting* ficou a cargo dos distribuidores dos pequenos materiais, que em vez de realizarem este procedimento na equipa de produção, como referido na secção 4.4.3, realizam-na no armazém central, onde passam os componentes para a nova caixa *standard*.

Como se trata de um projeto piloto que envolve uma equipa de produção, a empresa não mostrou disponibilidade para adquirir uma nova rack de armazenamento, tendo sido adaptada a estrutura apresentada no Capítulo 4. A estrutura final é apresentada na Figura 45.



*Figura 45 - Organização do armazém dos pequenos materiais*

Para além da reorganização das caixas recebidas do fornecedor e da redução do *stock* para uma caixa por componente, pela observação da Figura 45, verifica-se que foram inseridas as caixas *standard* no segundo e terceiro nível da estrutura. As caixas com os componentes foram organizadas segundo as variantes em que são aplicadas, respeitando os três grupos referidos na secção 5.3.1. No quarto nível encontram-se os materiais constituintes dos AT e ET do Mini, que não foram contemplados neste projeto.

De modo a combater a deficiência na identificação dos locais de armazenamento dos componentes, que causavam confusão e perda de tempo na recolha do material para abastecer o posto de trabalho, aplicou-se a técnica 5S. Com a aplicação desta metodologia, procedeu-se à remoção das caixas com maior dimensão e peso que estavam inseridas no primeiro nível da antiga estrutura e à aquisição de um armário onde foram colocadas as telas de airbag. As telas encontram-se identificadas tendo em conta o tipo de peça em que são aplicadas, como é possível verificar através da Figura 46.



*Figura 46 - Local de armazenamento das telas de airbag antes e depois da aplicação da técnica 5S*

Com o intuito de reduzir o tempo de procura por um componente, foram identificadas todas as caixas *standard*, quer no armazém dos pequenos materiais como no posto de trabalho, tendo em conta a

referência do material que a compõe e a equipa de produção a que se destinam (Figura 47). Do mesmo modo, foram atribuídas as posições de cada caixa na *rack* de armazenagem, que permite que a sua utilização e arrumação seja rápida e intuitiva.



*Figura 47 - Identificação dos materiais presentes nas caixas standard*

Como referido anteriormente, a divisão das prateleiras foi definida tendo em conta as variantes que aplicam os mesmos componentes na peça. Esta organização facilita o processo de mudança de produção na célula e diminui o tempo despendido pelos distribuidores na execução desta atividade, visto que já não necessitam de verificar que componentes são consumidos em cada variante. Na Figura 48 pode-se observar a prateleira com os materiais aplicados nas variantes *Lounge*, *Yours* e *Chester*.



*Figura 48 - Prateleira com os pequenos materiais aplicados no Lounge, Yours e Chester*

### 5.3.3 Novo carrinho de abastecimento de pequenos materiais

Para a execução da rota dos distribuidores segundo o sistema de duas caixas, e de modo a combater os “problemas ergonómicos” causados pelo mau dimensionamento do carrinho de abastecimento dos pequenos materiais, tornou-se fundamental projetar um novo carrinho de abastecimento. Assim, as dimensões das prateleiras foram ajustadas segundo a tabela das dimensões antropométricas da população laboral portuguesa adulta (Barroso, Arezes, Da Costa, & Miguel, 2005) (Tabela 20). Teve-se

em consideração apenas a população do sexo masculino pelo facto dos operadores desta secção serem todos deste género.

Tabela 20 - Dimensões antropométricas da população masculina portuguesa (retirado de (Barroso et al., 2005))

Dimensions	M	SD	First percentile	Fifth percentile	Ninety-fifth percentile	Ninety-ninth percentile
Abdominal depth	265	32	191	213	317	339
Buttock-knee length	590	33	513	536	644	667
Buttock-popliteal length	485	32	410	432	538	560
Chest (bust) depth	265	23	211	227	303	319
Elbow height	1050	51	931	966	1134	1169
Elbow-knuckle length	350	18	308	320	380	392
Eye height	1585	74	1412	1463	1707	1758
Forward grip reach	730	62	584	627	833	876
Hip breadth	380	24	323	340	420	437
Knee height	525	30	455	475	575	595
Knuckle height	735	43	635	664	806	835
Lumbar height	215	20	169	183	247	261
Popliteal height	400	26	341	358	442	459
Shoulder breadth (biacromial)	335	22	284	299	371	386
Shoulder breadth (bi-deltoid)	475	30	404	425	525	546
Shoulder height	1395	65	1245	1289	1501	1545
Sitting elbow height	255	30	185	206	304	325
Sitting eye height	810	34	730	754	866	890
Sitting height	920	37	833	859	981	1007
Sitting shoulder height	630	33	552	575	685	708
Stature	1690	76	1514	1566	1814	1866
Thigh thickness	175	17	134	146	204	216
Vertical grip reach (sitting)	1250	55	1123	1160	1340	1377
Vertical grip reach (standing)	2030	94	1810	1875	2185	2250
Weight	74	11	48	56	92	100

A largura da prateleira foi definida como sendo de 80 centímetros, de modo a conseguir albergar 7 caixas *standard* por prateleira. O comprimento foi projetado para ser igual às caixas, ou seja, de 50 centímetros.

Em relação à altura dos níveis das prateleiras, utilizaram-se os seguintes procedimentos:

- A altura da prateleira mais alta foi projetada de acordo com a altura dos ombros em relação ao solo, por se considerar que este é o limite superior para elevação de cargas sem risco de LMERT. Foi considerado o 5º percentil masculino de modo a abranger os extremos da população, os homens mais baixos. Este percentil indica que 5% da população masculina apresenta a altura dos ombros igual ou inferior a este valor, tendo sido retirado da Tabela 20 a altura máxima de 1289 milímetros. Adicionando uma correção de calçado de 25mm, tem-se que a altura máxima de uma prateleira não deve ser superior a 1314mm.
- Em relação à prateleira mais baixa esta foi dimensionada tendo em conta a altura dos joelhos em relação ao solo, visto que abaixo da altura do joelho implica que o operador tenha de adotar posturas desadequadas, como a inclinação do tronco para alcançar as caixas. O valor considerado foi relativo ao 95º percentil, de modo a que 95% da população masculina possua a altura dos joelhos igual ou inferior a este valor. De acordo com a Tabela 20, e já incluindo a correção de calçado, a altura mínima de uma prateleira deve ser de 600mm.

Considerando estes pressupostos, foi projetado um novo carrinho de abastecimento dos pequenos materiais, em que todas as dimensões relevantes encontram-se na Figura 49.

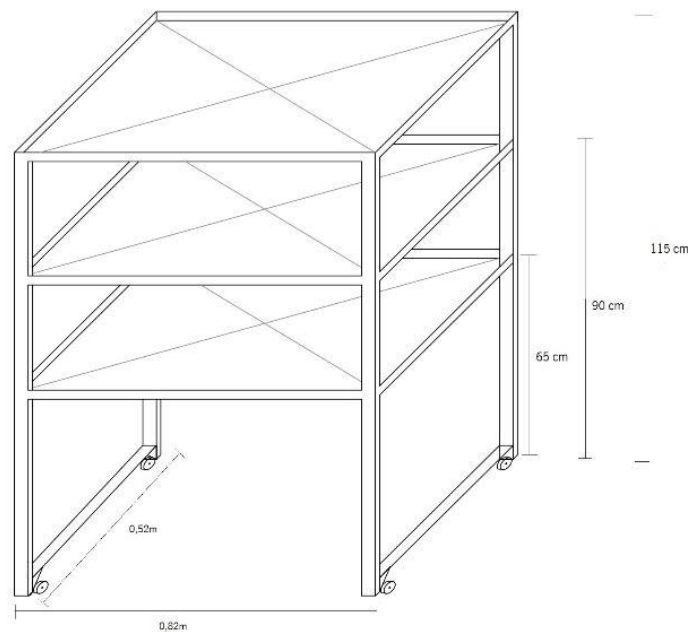


Figura 49 - Novo carrinho de abastecimento dos pequenos materiais

De realçar que um dos pressupostos requeridos para a projeção deste carrinho, para além do que foi acima enunciado, foi ter pegas de forma cilíndrica e cujo comprimento permita a utilização das mãos para a transmissão de força (Dul & Weerdmeester, 2012). Esta proposta não foi implementada durante este projeto de dissertação devido a limitações temporais, mas a empresa deu indicações de que este carrinho iria ser implementado após o término do estágio.

#### 5.3.4 Avaliação do risco na MMC no armazém dos pequenos materiais após implementações

A aplicação da Equação de NIOSH'91 no armazém dos pequenos materiais, descrita na secção 4.4.3, possibilitou a proposta de melhoria com base nos seguintes aspetos verificados:

- O ajuste da altura da prateleira mais alta e a proposta do novo carrinho de abastecimento permitiram reduzir as amplitudes verticais de elevação/abaxamento;
- A introdução da nova caixa *standard* possibilitou a adoção de uma pega considerada boa, isto é, com pontos de apoio firmes e confortáveis;
- O novo método de abastecimento da produção permitiu reduzir/eliminar as deslocações com as caixas do fornecedor;
- A remoção da caixa mais pesada do armazém, antes situada no primeiro nível da prateleira, possibilitou a eliminação da tarefa que incorria em risco para a maioria dos trabalhadores;

De modo a avaliar o risco do aparecimento de LMERT associados à MMC no novo posto de trabalho dos abastecedores dos pequenos materiais, recorreu-se novamente à aplicação da Equação de NIOSH'91. Foram identificadas e descritas as tarefas de MMC a avaliar pelo método acima enunciado, que são apresentadas na Tabela 21.

*Tabela 21 - Descrição das tarefas de MMC avaliadas pela Equação de NIOSH'91*

Nº da tarefa	Descrição	Altura da pega (cm)	Tipo de caixa	Peso (Kg)
1	Baixar caixa mais alta do 5º nível para o carrinho de abastecimento	197	Caixa 3	4
2	Baixar caixa mais baixa do 5º nível para o carrinho de abastecimento	180		4
3	Baixar caixa do 3º nível para o carrinho de abastecimento	116	Caixa <i>Standard</i>	1,5
4	Elevar caixa do 2º nível para o carrinho de abastecimento	85		1,5
5	Elevar caixa mais alta do 1º nível para o carrinho de abastecimento	47	Caixa 2	10,77
6	Elevar caixa mais baixa do 1º nível para o carrinho de abastecimento	26		10,77

Para a aplicação da Equação de NIOSH'91 e para determinar o PLR para cada tarefa, tornou-se necessário calcular os seis multiplicadores desta equação. O procedimento foi realizado de igual modo ao apresentado na secção 4.4.3, com a particularidade deste estudo apenas ter sido realizado para as MMC para o nível superior do novo carrinho de abastecimento. Isto deve-se ao facto do 1º e 2º nível de prateleiras apenas ser utilizado para colocação de caixas *standard*, que possui uma carga máxima de 1,5 Kg, o que daí não advém consequências para os trabalhadores.

O resultado desta equação desde as prateleiras do armazém dos pequenos materiais até ao nível superior do carrinho de abastecimento (3º nível) são apresentados na Tabela 22, onde se pode observar o PLR e o IE para cada uma das tarefas.

*Tabela 22 - PLR e IE das tarefas de MMC para o nível superior do carrinho (após implementações)*

Nº da tarefa	PLR	Peso da carga	IE	Conclusão
1	4,68	4	0,85	<b>Ausência de risco</b>
2	5,14	4	0,78	<b>Ausência de risco</b>
3	40,32	1,5	0,04	<b>Ausência de risco</b>
4	8,13	1,5	0,18	<b>Ausência de risco</b>
5	6,24	10,77	1,72	<b>Risco para alguns trabalhadores</b>
6	5,71	10,77	1,89	<b>Risco para alguns trabalhadores</b>

Pela observação da Tabela 22, verifica-se que apenas duas tarefas apresentam risco para alguns trabalhadores. Em comparação com os resultados demonstrados na secção 4.4.3, verifica-se que três tarefas executadas pelos distribuidores de pequenos materiais deixaram de envolver risco de aparecimento de LMERT. Relativamente às tarefas 5 e 6, a MMC apenas ocorre quando a caixa *standard* presente no posto de trabalho é esvaziada e é necessário o abastecimento. Os distribuidores elevam as caixas da prateleira de baixo até ao nível superior do carrinho e abastecem a caixa *standard* presente no local definido. Deste modo, o posto de trabalho dos pequenos materiais apresentou melhorias significativas a nível ergonómico, em comparação com a situação abordada no Capítulo 4.

## 5.4 Otimização do processo de preparação de materiais

Nesta secção serão expostas as medidas aplicadas para otimizar o processo da preparação de materiais. Entre elas serão apresentadas a redução de um operador na zona de preparação, a formação dos operadores na preparação de outros modelos e, por fim, a introdução de turno contínuo nesta secção.

### 5.4.1 Redução de um operador na preparação de OF's de SA

Com a realização do estudo de tempos na zona da preparação das OF's, tornaram-se visíveis os problemas existentes naquele setor, como a espera por equipamentos e a baixa taxa de ocupação dos operadores. Depois da obtenção do tempo padrão das atividades realizadas por estes distribuidores, decidiu-se verificar quantas OF's foram planeadas durante o mês de fevereiro.

Recorrendo ao SIAP, obteve-se a informação relativa ao planeamento da produção para aquele mês e foi identificado a semana com maior consumo de OF's. Com a obtenção destes dados, procedeu-se ao cálculo do número de distribuidores necessários para preparar as OF's de SA, como se pode observar pela Tabela 23.

*Tabela 23 - Cálculo do número de preparadores necessários*

PREPARAÇÃO de OF's de SA					
Nº OF máximo/semana	Tempo padrão preparação 1 OF	Minutos/semana	Minutos/dia	Minutos/turno	Nº distribuidores/turno
2876	3,8	10928,8	2185,76	1092,88	2,43

De acordo com o tempo padrão de preparação de 1 OF de SA e com o máximo número de OF's planeadas durante a semana 7 de 2019, calculou-se o número de distribuidores necessários para garantir o abastecimento da produção sem dar origem a paragens por falta de material. Pela observação da Tabela 23, e com o pressuposto que cada distribuidor trabalha 450 minutos por turno, determinou-se que são



necessários três colaboradores na preparação de OF's de SA. Deste modo, foi possível reduzir um colaborador por turno na preparação de materiais, sendo assim alocados ao abastecimento dos pequenos materiais, visto que a empresa necessita de um aumento de capacidade nessa função.

#### 5.4.2 Plano de rotatividade dos distribuidores

Com o objetivo de aumentar a polivalência na preparação de materiais, problema identificado na secção 4.4.1, decidiu-se promover a rotatividade dos operadores desta secção. O plano de redução de um colaborador da zona de preparação demorou duas semanas até ser implementado com o intuito de aumentar a polivalência entre os outros colaboradores. Nesse sentido, durante estas duas semanas propôs-se um plano de rotatividade na preparação dos diversos modelos em produção, como se pode observar na Tabela 24.

*Tabela 24 - Plano de rotatividade para a primeira semana – preparação de materiais*

Operador	Preparação por modelo					Polivalências
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	
1	Mini e Audi Q7	Audi TT + A8	Lamborghini	Mini e Audi Q7	Audi TT + A8	4
2	Audi TT + A8	Lamborghini	Mini e Audi Q7	Audi TT + A8	Lamborghini	4
3	Lamborghini	Mini e Audi Q7	Audi TT + A8	Lamborghini	Mini e Audi Q7	4
4	Mini e Audi Q7	Mini e Audi Q7	Mini e Audi Q7	Mini e Audi Q7	Mini e Audi Q7	-

Este plano foi traçado devido à reduzida taxa de ocupação destes operadores, que possibilitou a existência de entreajuda e formação entre os colaboradores presentes nesta secção. De salientar que o operador número 4 será o que vai abandonar esta secção, pelo que não necessita de formação noutros modelos. Durante a segunda semana este ciclo continuou seguindo a mesma lógica e, no final, o colaborador número 4 foi alocado a outras funções. Após se verificar esta situação, o plano de distribuição para os três preparadores foi delineado deste modo: um preparador para os modelos do Audi A8 e TT, um para o Mini e para o Lamborghini e, por fim, um preparador para os modelos do Audi Q7.

#### 5.4.3 Introdução do turno contínuo

De forma a eliminar o tempo sem valor acrescentado identificado na secção 4.4.2, tal como o tempo improdutivo do operador do comboio logístico e o abastecimento da produção pelos preparadores, foi implementado o conceito de turno contínuo. Para a implementação deste conceito tornou-se necessário identificar procedimentos a cumprir em ambos os turnos, entre os quais:

- No final de cada turno, o operador logístico tem de garantir que as equipas de produção possuem trabalho relativo a uma hora de produção, ou seja, 1 OF na palete de matéria-prima.
- No final de cada turno, os preparadores têm de garantir que existem 3 carruagens com OF's preparadas para que o operador logístico, na troca de turno, consiga realizar a primeira rota.

Estas medidas permitem a eliminação dos desperdícios referidos anteriormente e aumentam a satisfação dos colaboradores desta secção, visto que a cadência de trabalho não verifica grandes oscilações ao longo do turno de trabalho.

## 5.5 Alteração do *layout* do corte de couro

Nesta secção apresenta-se a proposta de alteração do *layout* do pavilhão de corte de couro, com a passagem do processo de inspeção das peles para o armazém de matéria-prima e a inclusão do processo de operações auxiliares, anteriormente situado no pavilhão da preparação.

### 5.5.1 Transferência do processo de inspeção de peles para o armazém de matéria-prima

De modo a reduzir o transporte de materiais defeituosos no pavilhão do corte de couro, problema descrito na secção 4.4.4, procedeu-se à reorganização do processo de inspeção de peles. Este processo foi realocado para o armazém de matéria-prima, que permitiu a deteção dos materiais defeituosos na fonte.

Aquando a deteção de uma pele com área superior de defeito ao estipulado pela empresa, estas são marcadas como material NOK e encaminhadas para a *red zone* da qualidade (situada no mesmo pavilhão), área definida para o material NOK que vai ser apresentado aos fornecedores. Na Figura 50 apresenta-se ilustrado o processo de inspeção de peles no armazém de matéria-prima.



Figura 50 - Inspeção das peles no armazém de matéria-prima

A passagem do processo de inspeção de peles para o armazém de matéria-prima permitiu reduzir a distância percorrida pelas peles defeituosas de 300 para 30 metros. Adicionalmente, esta alteração permite que haja um filtro das peles antes de serem enviadas para o pavilhão de corte couro, onde vão ser cortadas. Deste modo, para além de reduzir o deslocamento dos operadores entre processos, foi possível aumentar a organização do pavilhão de corte de couro, onde os cavaletes que dão entrada nessa secção encontram-se já preparados para o corte nas *Versalis*.

#### 5.5.2 Inclusão das operações auxiliares no pavilhão de corte de couro

No sentido de aproveitar o espaço desocupado pelo processo de inspeção de peles e pela remoção das mesas com os cortantes no pavilhão de corte de couro, a empresa definiu como objetivo a inclusão das máquinas de costura semiautomática neste pavilhão (área ocupada pelas operações auxiliares encontra-se ilustrada no retângulo vermelho da Figura 35). Deste modo foi estudada a melhor disposição das máquinas tendo em atenção o fluxo de pessoas, o espaço de trabalho de cada colaborador e os aspetos como a iluminância e a humidade do pavilhão, de modo a não afetar a qualidade dos produtos e a satisfação dos colaboradores. A acrescentar, foi realizado um teste de rigidez do pavimento do pavilhão de corte de couro para testar a viabilidade da passagem da máquina *Wista* (perfuradora) para esta secção, que se verificou não viável devido às suas elevadas dimensões e peso.

O fluxo de materiais entre estas máquinas não influenciou a disposição das mesmas, uma vez que mesmo que uma peça leve mais do que uma operação de costura semiautomática, normalmente é em IB's diferentes. Deste modo, para a implementação do novo *layout* do corte de couro apenas foi tido em conta a proximidade entre os processos de costura semiautomática, de modo a facilitar a junção das IB's pertencentes à mesma OF.

Posto isto, foi efetuada uma proposta de alteração do *layout* do pavilhão de corte de couro, que também inclui a inclusão de mais uma máquina portal (denominada por *Rauten* na Figura 51) proveniente da unidade fabril da Roménia. Esta proposta é apresentada na Figura 51, na área assinalada com um retângulo azul.

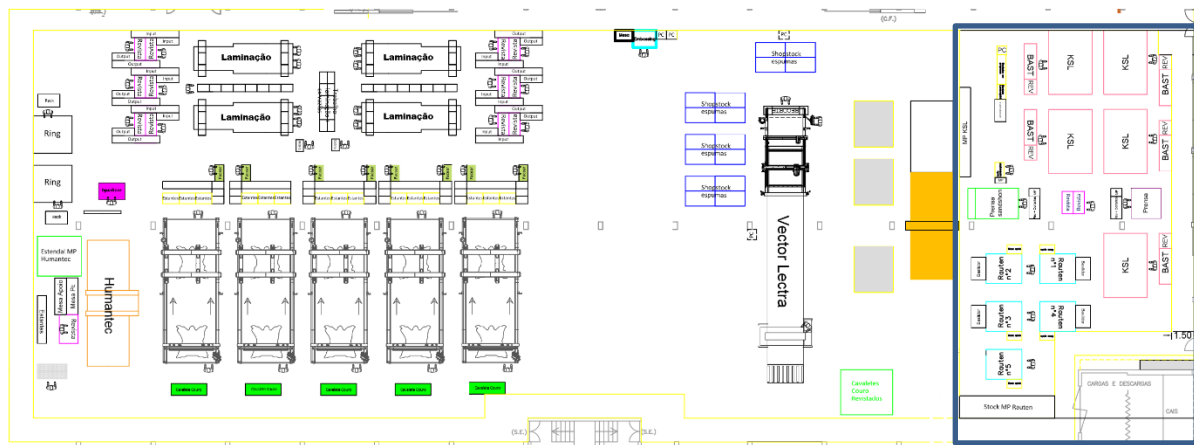


Figura 51 - Novo layout do pavilhão de corte de couro

Como é possível observar pela Figura 51, o espaço libertado pelo processo de inspeção de couro possui área disponível para a colocação das máquinas de costura semiautomática. Deste modo, foi possível inserir cinco máquinas Portais, cinco KSL, duas prensas, e ainda as duas máquinas de bordados. Juntamente com isto, foi também possível introduzir os postos de revista para as peças que saem das Portais e o *stock* de matéria-prima para cada processo.

Relativamente aos corredores de segurança, assegurou-se que estes tinham de possuir pelo menos 1,5 metros de modo a não comprometer o transporte de OF's entre pavilhões. No posto de trabalho dos colaboradores, garantiu-se que estes possuem um espaço de trabalho de 0,70 metros de modo a proporcionar liberdade de movimentos na execução das tarefas.

## 5.6 Criação de uma ferramenta de controlo dos defeitos

Com o objetivo de tornar mais intuitiva a análise dos defeitos provocados nas máquinas de costura decorativa semiautomática, problema identificado na secção 4.4.5, foi criada uma macro para a compilação imediata dos dados extraídos do programa GestRem e do SIAP para o Excel.

Nesse sentido, utilizou-se os dados relativos à *daily letter* referente à secção das operações auxiliares (extraídos do SIAP), onde são apresentadas todas as peças produzidas, para o período definido de análise (mínimo 1 dia). Na Figura 52 é possível visualizar os comandos criados na folha de cálculo número um, assinalados com um retângulo vermelho.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7	DATA	EQUIPA	CÓD. PEÇA	DESCRIÇÃO	T. EXEC.	QTD	T. PREV.	COD MODELO	MODELO	TURNO		
8	21/jan	44M1E98A	201CGC00000008	KIT AU27X TWIN EFD IS GRAN	0	40	3,08	201C6	A1	1		
9	21/jan	44M1E98A	201CGC00000009	KIT AU27X TWIN EFE GRAN	0	37	3,08	201C6	A1	1		
10	21/jan	44M1E98A	201CGC00000007	KIT AU27X TWIN AT GRAN	0	20	5,78	201C6	A1	1		
11	21/jan	44M1E98A	2070E4B0120ZZZ	SA TTC FN AFD AQ QTR	0	4	0	20706	TT	1		
12	21/jan	44M1E98A	2070E4B310HVA	SA TTR FN AFD AQ SL/EX	0	11	5,05	20706	TT	1		
13	21/jan	44M1E98A	2070E4C0120ZZZ	SA TTC FN AFE AQ QTR	0	4	0	20706	TT	1		
14	21/jan	44M1E98A	2070E4F0420ZZZ	SA TTC FN EFD(S) AQ QTR	0	4	0	20706	TT	1		
15	21/jan	44M1E98A	2070E4G0420ZZZ	SA TTC FN EFE(S) AQ QTR	0	4	0	20706	TT	1		
16	21/jan	44M1E98A	2070E4H0130CAV	SA TTC ALC AFD AQ SL/FG	0	73	5,05	20706	TT	1		

Figura 52 - Folha de cálculo número 1: Inserir Daily Letter

Depois de inserida a base de dados extraída do SIAP, o excel disponibiliza o nome do modelo e o turno em que a peça foi produzida, através das fórmulas que podem ser consultadas no Anexo XVI – Fórmulas excel utilizadas para a criação da ferramenta de controlo. O botão reiniciar serve para apagar os dados inseridos na folha de cálculo de modo a permitir que seja realizada uma nova análise para outro período de tempo.

Na segunda folha de cálculo do Excel estão presente os dados referentes ao *software* interno das operações auxiliares, o GestRem. Este separador contém informação relativa aos defeitos detetados nas operações de costura semiautomática, como a máquina onde foi provocado o defeito, o tipo de defeito e o material constituinte da peça defeituosa (tipo de couro), como se pode observar na Figura 53. Neste separador também se encontra discriminado o modelo da peça defeituosa e o turno onde foi efetuada a costura decorativa semiautomática. De referir que foram utilizadas as mesmas fórmulas, explicadas no Anexo XVI – Fórmulas excel utilizadas para a criação da ferramenta de controlo para a identificação do modelo da peça em que foi provocado o defeito.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7	DATA	Off/ID	Codi. Peça	Descrição	Tipo de couro	Quantidade	Metr.	Descrição	Máquina	Turno	COD MODELO	MODELO								
8	21/01/2019 18:25	2591016001	23701A0F0210HAF	SA EFD B LB IKS FN NA/RA	CN FN NERO ADE PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
9	21/01/2019 18:26	2591016001	23701A0F0210HAF	SA EFD B LB IKS FN NA/RA	CN FN NERO ADE PSB	1	0,0231	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
10	21/01/2019 18:26	2591016001	23701A0F0210HAF	SA EFD B LB IKS FN NA/RA	CN FN NERO ADE PSB	1	0,0231	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
11	21/01/2019 18:24	2591082001	23701E0F12HEAF	SA EFD R+H LB DNA FN ALC NA/GT	CN FN NERO ADE PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	1	23701	LB								
12	21/01/2019 18:24	2591475001	23701C0F12H0HAF	SA EFD R+H LB DNA FN RR/NA	CN FN ROSSO REA PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
13	21/01/2019 18:24	2591760001	23701A0F12H0HAF	SA EFD R+H LB IKS FN RR/RR	CN FN ROSSO REA PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
14	21/01/2019 18:23	2591798001	23701A0F0210HAF	SA EFD B LB IKS FN NA/NA	CN FN NERO ADE PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
15	21/01/2019 18:22	2591799001	23701A0F0210HAF	SA EFE B LB IKS FN NA/NA	CN FN NERO ADE PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
16	21/01/2019 18:25	2591899001	23701A0F1210HAF	SA EFD B LB IKS FN NA/RA	CN FN NERO ADE PSB	1	0,1131	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	2	23701	LB								
17	21/01/2019 12:10	2597343001	23701A0R0210EAG	SA ETE B LB IKS FN NA/GT	CN FN NERO ADE PSB	1	0,1048	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4531	1	23701	LB								
18	21/01/2019 10:36	2600646003	20713D0L00H0IAG	SA ATD AB ER IKS KL VLC SL	CN VALCONA SOUL	5	0,091	DESCENTRAMENTO DA COSTURA DECORATIVA	CO-4467	1	20713	AB								
19	21/01/2019 10:36	2600646003	20713D0L00H0IAG	SA ATD AB ER IKS KL VLC SL	CN VALCONA SOUL	1	0,091	DESCENTRAMENTO DA COSTURA DECORATIVA	CO-4467	1	20713	AB								
20	21/01/2019 13:06	7183881001	201CGC00000009	KIT AU27X TWIN EFE GRAN	Couro Perinappo GRANITGRAU	3	0,1005	MATERIAL DANIFICADO / MÁQUINA	CO-4533	1	201C6	A1								

Figura 53 - Folha de cálculo número 2: Inserir defeitos

Depois de possuir toda a informação fornecida pelo sistema de informação interno da empresa, procedeu-se ao agrupamento dos dados com recurso à criação de uma macro em Excel. O objetivo do ficheiro passa por fornecer ao utilizador a informação relativa aos três principais defeitos detetados nas máquinas de costura semiautomática, as Portais e as KSL. Deste modo, depois de inseridos os dados

nas folhas de cálculo acima mencionadas, foi criado um botão “Atualizar Top 3”, como é possível verificar na Figura 54.



Figura 54 - Botão "Atualizar Top 3" para obter os principais defeitos

Este botão, para além de organizar os dados inseridos nas duas primeiras folhas de cálculo, permite também ordenar por ordem decrescente o número de defeitos em vários gráficos de análise.

Esta ferramenta foi fornecida à gestão das operações auxiliares como forma de monitorização da qualidade deste setor. Foram realizadas análises comparativas semanais e mensais de modo a observar a evolução dos indicadores de desempenho e, através deste procedimento, foi possível diagnosticar a existência de defeitos provocados pela máquina. De salientar que no retângulo vermelho assinalado na Figura 54 estão identificados os dois principais defeitos provocados neste setor, tanto na análise realizada para o mês de dezembro como para o mês de janeiro. Deste modo, procedeu-se à elaboração de um PDCA para a aplicação de medidas corretivas, que é apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 - Medidas corretivas para a prevenção de defeitos

Problema	Ação	Responsável	Data
Material danificado na máquina. Cones de linha posicionados na vertical dificulta o desenrolar da linha para a costura	Alteração da posição dos cones de linha na máquina	NTN/Afinadores/Qualidade	Concluído Semana 5
Descentramento da costura decorativa	Desenvolvimento de novos bastidores e ajuste de programas	NTN/Afinadores/Qualidade	Concluído Semana 8
Material danificado na máquina (couro é arrastado)	Redução de lâminas de 5 para 2mm	Técnico/Engenharia	Concluído Semana 10

A deteção dos procedimentos críticos que podem originar peças defeituosas foi realizada por um conjunto de colaboradores de diversas áreas da empresa, como a qualidade, os afinadores e os técnicos de

engenharia. Um papel importante foi também atribuído aos operadores desta secção, que através do seu conhecimento do processo, contribuíram de maneira decisiva para o encontrar de soluções.

As ações de prevenção de defeitos identificadas na Tabela 25 apresentam-se ilustradas na Figura 55, mais concretamente a nova posição dos cones de linha e a redução das lâminas no processo de costura.



*Figura 55 - Cones de linha inclinados e redução de lâminas de 5 para 2mm*

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta secção é feita a quantificação dos ganhos para a empresa das propostas de melhoria implementadas. De salientar que o novo posto de trabalho foi testado durante uma semana, mas a empresa pretendeu adotar um novo conceito de costura, a costura em pé.

### 6.1 Aumento da produtividade das equipas de produção em estudo

Nesta secção serão quantificados os fatores que contribuíram para o aumento dos níveis de produtividade das equipas em estudo, entre os quais: eliminação das operações de enchimento realizadas nas células, redução do tempo de ciclo, balanceamentos mais equilibrados, redução do número de trocas de peça e da distância percorrida pelas mesmas e diminuição do tamanho do lote.

#### 6.1.1 Aumento da flexibilidade das equipas de produção

Com a passagem das operações de costura de enchimento para as operações preparatórias foi possível aumentar o número de variantes produzidas nas equipas de produção 43H e 43G. A equipa 43H produzia 3 variantes do AF *Sport* Mini F60, sendo que após a remoção das operações de enchimento ficou apta a produzir 8 variantes, que corresponde a um aumento de 167%. Relativamente à equipa 43G, o aumento fez um valor de 60%. Esta medida equivale a um aumento da flexibilidade da célula de produção e permite uma mais rápida reação à flutuação da procura existente na Coindu.

#### 6.1.2 Redução dos tempos de ciclo

A implementação dos novos balanceamentos, apresentados na secção 5.2.3, permitiram reduzir o tempo de ciclo das equipas de produção. Foram efetuados novos balanceamentos para todas as variantes *Sport*, sendo que o tempo de ciclo apenas pode ser comparado com a situação inicial para as variantes que não possuem costuras de enchimento. Isto deve-se ao facto da remoção das costuras de enchimento reduzir o tempo de montagem de uma peça e, conseqüentemente, reduzir o tempo de ciclo das equipas de produção. Nesse sentido, na Tabela 26 são apresentados os ganhos com a implementação dos novos balanceamentos para as variantes na qual não são aplicados enchimentos.

*Tabela 26 - Redução do tempo de ciclo após a implementação dos novos balanceamentos*

Variante	Tempo de ciclo antes (s)	Tempo de ciclo depois (s)	Redução
Kunst	107	95	11%
Double Stripe	108	96	11%
Black Pearl	119	102	14%
Stoff Dinamica	120	102	15%



### 6.1.3 Tempos de operação mais equilibrados entre os operadores

A redução do tempo de ciclo da equipa, ou seja, da frequência com que sai uma capa de assento completa, significa que o balanceamento implementado é mais equilibrado que o da situação inicial. Como forma de comparar a taxa de ocupação dos operadores antes e depois da implementação, apresenta-se na Tabela 27 a maior discrepância entre estes para as duas situações descritas.

*Tabela 27 - Discrepância entre a taxa de ocupação dos operadores*

Variante	Balanceamento inicial	Balanceamento implementado	Varição
Yours	57%	9%	-48%
Lounge/Chester	36%	8%	-28%
Cross Punch	28%	10%	-18%
Kunst	32%	11%	-21%
Double Stripe	33%	11%	-22%
Black Pearl	40%	8%	-32%
Stoff Dinamica	44%	11%	-33%

Pela observação da Tabela 27 verifica-se que os balanceamentos implementados para todas as variantes são mais equilibrados que os balanceamentos iniciais, o que permite uma melhor distribuição do trabalho pelos operadores de costura.

### 6.1.4 Simplificação dos fluxos de peça e redução da distância percorrida

Na execução dos balanceamentos implementados, o objetivo passou por garantir um fluxo contínuo da peça dentro das equipas de produção. Deste modo, para além da alteração do balanceamento também se procedeu à mudança do *layout* operacional das células, como é descrito na secção 5.2.4. Com o novo *layout* foi possível eliminar os cruzamentos de peça e os fluxos transpostos e ainda reduzir o número de trocas de peça e a distância percorrida pela peça ao longo da célula, como é possível observar pela análise da Tabela 28.

*Tabela 28 - Ganhos associados à alteração de layout das equipas*

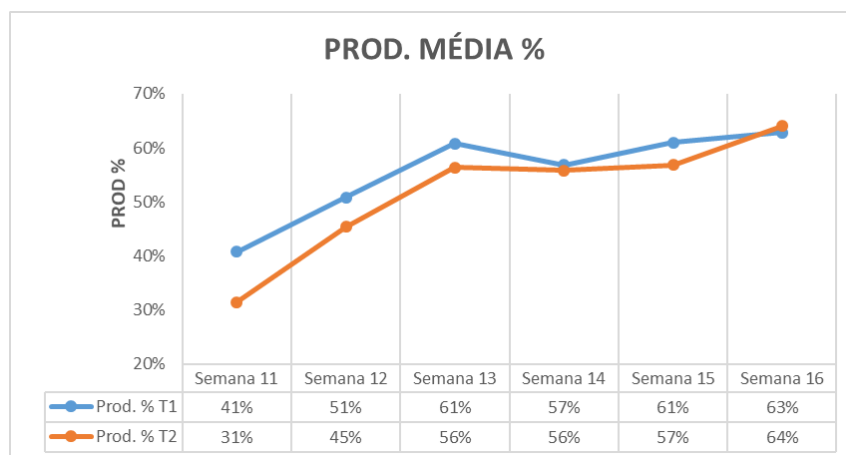
Variante	Cruzamentos de peça			Fluxos transpostos			Trocas de peça			Distância percorrida pela peça (m)		
	Antes	Depois	Ganho	Antes	Depois	Ganho	Antes	Depois	Ganho	Antes	Depois	Ganho
Yours	7	0	100%	2	0	100%	18	12	33%	22,3	13,8	38%
Chester/Lounge	6	0	100%	3	0	100%	17	12	29%	21	13,8	34%
Kunst/Double Stripe/Cross Punch	2	0	100%	2	0	100%	15	11	27%	18,5	12,7	31%
Stoff Dinamica/Black Pearl	3	0	100%	1	0	100%	16	11	31%	19,4	12,7	35%

De salientar que o número de máquinas de costura manteve-se o mesmo, com a particularidade de uma máquina de enchimentos pertencente à equipa 43H ter sido transferida para as operações preparatórias.

#### 6.1.5 Aumento da produtividade

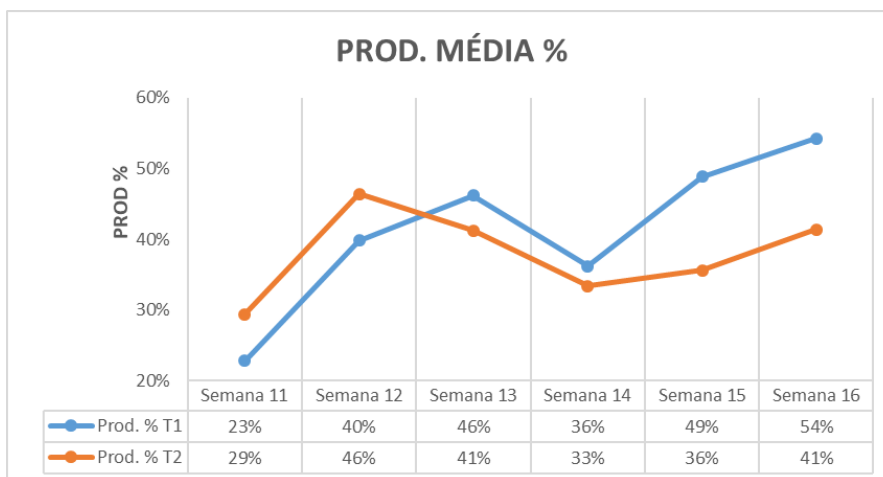
Os níveis de produtividade das duas equipas de produção em estudo verificaram um aumento significativo durante as cinco semanas de monitorização. Isto deve-se em grande parte aos novos balanceamentos implementados e à alteração do *layout* de máquinas, que permitiram reduzir os tempos sem valor acrescentado ao processo de costura.

Relativamente à equipa 43G, durante a semana 11 (antes das implementações) os níveis de produtividade rondavam os 41% no primeiro turno e 31% no segundo. Após o término da semana 16, os valores da produtividade aumentaram 22% no primeiro e 33% no segundo, tal como ilustrado na Figura 56. O número de peças produzidas nesta célula também aumentou nos dois turnos. Durante a semana 11 foram produzidas 216 peças por dia, sendo que na semana 16 os dois turnos concluíram 353 capas de assento, o que corresponde a um aumento de 63%.



*Figura 56 - Evolução dos níveis de produtividade - Equipa 43G*

No que se refere à equipa 43H, tanto no primeiro como no segundo turno também se verificou um aumento considerável dos níveis de produtividade. Como se apresenta ilustrado na Figura 57, num período de cinco semanas, a produtividade aumentou 31% no primeiro turno e 12% no segundo. Do mesmo modo que para a equipa 43G, também se verificou um aumento do número de peças produzidas por dia. Durante a semana 11 a equipa 43H produziu, em média, 115 peças por dia. Com a implementação dos novos balanceamentos e *layouts* intracelulares, a equipa conseguiu produzir, em média, 213 peças por dia durante a semana 16, última semana de monitorização. A diferença entre estes valores corresponde a um aumento de 85% na quantidade de peças produzidas.



*Figura 57 - Evolução dos níveis de produtividade - Equipa 43H*

### 6.1.6 Redução do tamanho de lote

De acordo com a proposta de melhoria presente na secção 5.2.4.2, a redução do tamanho do lote por posto de trabalho permite uma deteção mais rápida de defeitos em série na revista. A nível organizacional também se verificam melhorias visíveis, uma vez que qualquer pessoa que veja um posto de trabalho com um valor superior ao lote definido identifica rapidamente um potencial problema. Considerando-se que o tamanho do lote de produção passou de 10 para 3 peças, o ganho associado a esta redução corresponde a 70%.

### 6.1.7 Ganhos com o novo posto de trabalho

A introdução de bordos de linha na equipa 43G, no posto de trabalho dos operadores que aplicam os pequenos materiais na peça, descrito na secção 5.2.5, permitiu reduzir o tempo de *picking* de um componente de 5 para 2 segundos, valor estimado pela observação de um ciclo de trabalho e que corresponde a um ganho de 60%. Com esta proposta de melhoria reduziu-se também o *stock* de pequenos materiais no posto de trabalho, que inicialmente eram colocados nas caixas presentes na Figura 32. Para se identificar os ganhos para a empresa com a implementação da nova caixa *standard*, verificou-se que a capacidade da caixa antiga é quatro vezes superior à caixa nova, pelo que se verifica uma redução do *stock* em 50%.

O principal ganho com a reestruturação destes postos de trabalho verificou-se ao nível da postura dos operadores aquando a pega de um material. Na Tabela 29 são apresentadas as avaliações RULA dos postos de trabalho, antes e depois da alteração.

Tabela 29 - Avaliação RULA do antigo e do novo posto de trabalho

Posto de Trabalho	Pontuação do método RULA	Nível de ação	Ação
Antigo	7	D	Devem ser efetuadas modificações imediatas.
Novo	3	B	É necessário mais observação e poderá ser necessário introduzir alterações.

A introdução do bordo de linha permitiu eliminar os movimentos de flexão do tronco e do pescoço aquando o *picking* de pequenos materiais provenientes da caixa antiga, bem como eliminar o trabalho em posição lateral. Por outro lado, os bordos de linha permitiram minimizar o tempo de *picking* dos componentes, diminuindo o tempo sem valor acrescentado. Deste modo, o novo posto de trabalho traz vantagens ao nível musco-esquelético, diminuindo o risco de exposição a LMERT e aumenta o tempo de valor acrescentado ao produto.

## 6.2 Melhor organização e limpeza e melhores condições ergonómicas

Esta secção apresenta os ganhos conseguidos com a introdução do sistema de duas caixas no abastecimento de pequenos materiais, a reorganização do armazém e aplicação da metodologia 5S, e ainda os ganhos a nível ergonómico com as novas medidas.

### 6.2.1 Redução do *stock* de pequenos materiais no posto de trabalho

A introdução do sistema de duas caixas no abastecimento de pequenos materiais permitiu controlar o fluxo de materiais e a produção, mais concretamente os *stocks* e o abastecimento às células. Os ganhos obtidos com esta implementação no posto de trabalho foram maioritariamente identificados na redução de *stock* de pequenos materiais. Nas antigas caixas de armazenamento destes materiais, presente na Figura 32, cabem cerca de quatro vezes mais materiais do que na nova caixa em circulação. Deste modo, e como estão presentes duas caixas *standard* para cada componente aplicado na peça, verificou-se uma redução de 50% no *stock* destes materiais no posto de trabalho.

O espaço disponível para os operadores de costura operarem também aumentou, e o abastecimento por parte dos distribuidores foi facilitado uma vez que os operadores já não necessitam de se levantar. De acordo com o estudo realizado, os distribuidores necessitam de realizar uma rota pela equipa piloto de quatro em quatro horas para recolher as caixas vazias e proceder à sua reposição. Deste modo, foram eliminadas as rotas aleatórias destes operadores para verificar a necessidade de abastecimento destes componentes. Adicionalmente, foi também criada uma folha de trabalho normalizado para os

distribuidores, com o objetivo de facilitar o seu trabalho e de modo a não existirem dúvidas em relação às suas tarefas.

### 6.2.2 Melhor organização e limpeza

A aplicação da metodologia 5S no armazém dos pequenos materiais permitiu melhorias ao nível organizacional e da gestão visual. O processo de limpeza e reorganização dos materiais pelos níveis das prateleiras, em conjunto com a identificação de um local apropriado para cada componente permitiu reduzir os tempos perdidos à procura de material. Para além disto, o aspeto visual da secção apresentou melhorias para quem ali passava, pelo que a imagem passada para as visitas foi também renovada.

### 6.2.3 Diminuição do risco de aparecimento de LMERT por MMC

A aplicação da Equação de NIOSH'91 no armazém dos pequenos materiais, antes e depois das implementações, permitiram introduzir melhorias nas condições de trabalho dos colaboradores desta secção. A Tabela 30 apresenta as melhorias apresentadas neste posto de trabalho, tendo em comparação a situação inicial e a solução proposta.

*Tabela 30 - Quadro resumo da redução do risco de LMERT no armazém dos pequenos materiais*

Antes	Depois
Caixa 1 presente no primeiro nível da estrutura com 21,5 Kg.	Materiais presentes na caixa 1 colocados num armário e retiradas do armazém dos pequenos materiais.
Caixas com má pega, sem pontos de apoio para iniciar a manipulação.	Nova caixa standard possibilitou a adoção de uma pega considerada boa, com pontos de apoio firmes e confortáveis.
Grande amplitude das manipulações resultante da altura das prateleiras e do mau dimensionamento do carrinho de abastecimento.	Reajuste da altura das prateleiras e dimensionamento de um novo carrinho de abastecimento.
4 tarefas apresentam risco para alguns trabalhadores.	2 tarefas apresentam risco para alguns trabalhadores.
1 tarefa apresenta risco para a maioria dos trabalhadores.	
Elevada carga física resultante da tarefa de MMC de elevação/abaixamento de cargas.	Redução da carga física dos colaboradores desta secção.

### 6.3 Redução do tempo improdutivo na preparação de OF's

Com a realização do estudo de tempos à preparação das OF's para o comboio logístico, descrito no Anexo IX – Estudo de Tempos, e com a identificação do número máximo de OF's concluídas durante uma semana, verificou-se uma baixa taxa de ocupação dos colaboradores presentes na secção de

preparação. Este estudo permitiu a realocação de um colaborador responsável pela realização destas tarefas a outra área da fábrica, resultando numa poupança anual de 10700€ para um salário base de 600€. Adicionalmente, a criação do programa de rotatividade aumentou a polivalência dos operadores, estando estes agora aptos para preparar OF's de todos os modelos existentes na fábrica.

De igual modo, a introdução do turno contínuo permitiu reduzir o tempo improdutivo no início de turno em pelo menos 12 minutos e eliminar as paragens das equipas de produção por falta de OF's no início de turno, como explicado na secção 5.4.3. Desta maneira, o operador logístico no arranque do seu turno de trabalho dá início à primeira rota de abastecimento das equipas de produção, tendo capacidade para abastecer até 9 OF's. Para além deste ganho, a nível organizacional verificaram-se melhorias evidentes. O abastecimento das equipas de produção passou a ser efetuado só e apenas pelo operador logístico e a cadência de trabalho destes colaboradores passou a ser igual durante as 8 horas de trabalho.

#### 6.4 Redução de distâncias e maior aproveitamento do espaço fabril

A transferência do processo de inspeção de couro do pavilhão de corte de couro para o armazém central permitiu reduzir a distância percorrida pelas peles consideradas NOK neste processo. Anteriormente, a distância entre a inspeção das peles e a *red zone* da qualidade, situada no armazém, era de 300 metros. Após a alteração do *layout*, a distância foi reduzida para 30 metros, o que corresponde um ganho de 90%. De igual modo, esta alteração permitiu que as peles sejam inspecionadas no mesmo sítio onde são rececionadas, o que elimina a possibilidade de entrarem no pavilhão de corte peles com maior percentagem de defeito do que o estipulado pela empresa. Assim, as peles que dão entrada neste pavilhão já passaram pelo processo de inspeção e estão dadas como OK para o processo de corte.

Com o espaço libertado por esta mudança, procedeu-se à introdução das operações auxiliares no pavilhão de corte. Esta transferência possibilitou a aproximação dos processos de costura semiautomática e a libertação de espaço fabril no pavilhão da preparação (assinalado com dois retângulos pretos na Figura 58), em cerca de 420 m<sup>2</sup>. O objetivo da empresa passa por aumentar o número de linhas de produção para aumentar a capacidade do processo de costura, pelo que o espaço libertado pelas operações auxiliares consegue albergar até seis células de produção. Tendo em conta que existem 32 células, o espaço libertado possibilitou um aumento de 19% no número de células de produção.

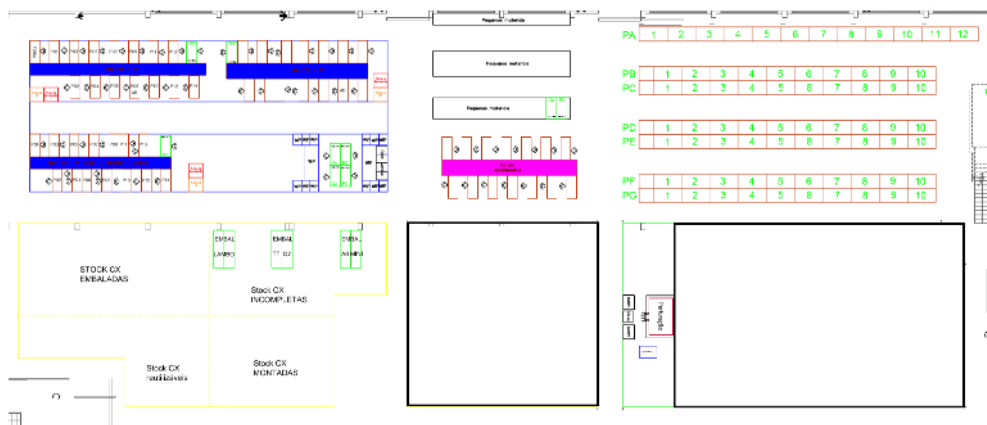


Figura 58 - Espaço libertado pelas operações auxiliares no pavilhão da preparação

## 6.5 Redução do número de defeitos das máquinas de costura semiautomática

A criação da ferramenta descrita na secção 5.6 possibilitou a monitorização dos principais indicadores de qualidade no setor das operações auxiliares, mais particularmente nas máquinas de costura semiautomática. Mensalmente eram exportados os dados para o programa e era realizado uma comparação com os meses antecedentes. Com a introdução das medidas preventivas enunciadas na Tabela 25, verificou-se uma redução significativa do número de materiais danificados nas máquinas, principal causa de defeitos neste setor. Posto isto, foi possível a redução da taxa de defeitos deste setor ao longo dos meses, como se observa na Figura 59.

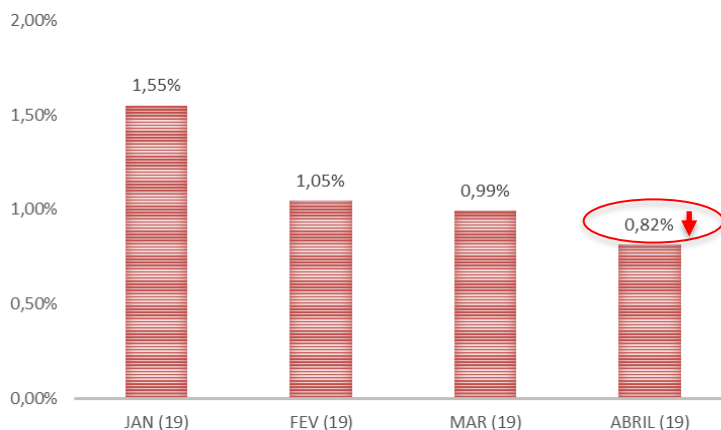


Figura 59 - Evolução da taxa de defeitos provocados nas operações auxiliares

Pela análise da Figura 59 observa-se uma redução progressiva da taxa de defeitos provocados nas operações auxiliares. No entanto, este não se verificou o único indicador conclusivo em relação às melhorias neste setor. Durante o mês de janeiro, o número de defeitos extraídos do sistema de informação interno foi de 576 unidades. Em comparação com o mês de abril, em que se apurou a existência de 312 defeitos, verificou-se uma redução de 46% no número de defeitos.

## 7. CONCLUSÃO

Neste capítulo serão apresentadas as principais conclusões deste projeto de dissertação. Serão também abordadas algumas sugestões de trabalhos futuros para otimizar o processo produtivo.

### 7.1 Considerações finais

O principal objetivo deste projeto centrou-se na otimização de processos e na melhoria dos postos de trabalho aplicando a filosofia *Lean*, centrada na eliminação dos desperdícios existentes na cadeia de valor. Todas as propostas efetuadas tiveram também em conta a prevenção da sinistralidade e/ou de LMERT. Dada a grande complementaridade de todos os processos produtivos da Coindu, o autor implementou propostas de melhoria em diversas secções da empresa, desde o corte de couro até ao processo de costura, em que os objetivos propostos foram alcançados com sucesso. A aplicação combinada de ferramentas *Lean* e de Ergonomia revelou-se uma mais valia durante este projeto devido à relação dos trabalhadores com o seu posto de trabalho. Estes estiveram envolvidos em todas as mudanças, tendo sido voz ativa durante a fase de análise e de implementação das propostas de melhoria.

No que se refere ao processo de costura, o estudo realizou-se para as duas células de produção responsáveis pelo fabrico do AF *Sport* do Mini F60. A passagem do processo de enchimento para as operações preparatórias permitiu garantir a produção de todas as variantes na mesma célula, onde se verificou um aumento de 60% no número de variantes produzidas na célula da equipa 43G, e de 167% na célula da equipa 43H. Estas duas equipas de produção passaram assim a possuir o mesmo balanceamento e *layout* intracelular, aumentando assim a capacidade de adaptação à flutuação da procura.

Ainda sobre as células da equipa 43G e 43H, a implementação de novos balanceamentos para todas as variantes possibilitou um maior equilíbrio no tempo de operações de cada colaborador, o que permitiu uma diminuição do tempo de ciclo de cada posto de trabalho. Esta redução verificou-se para todas as variantes, sendo que a variante que apresentou uma melhoria mais significativa foi a *Stoff Dinamica*, apresentando um tempo de ciclo 15% inferior ao inicial, aumentando deste modo a cadência com que se obtêm uma capa de assento. No que concerne ao novo *layout* de máquinas implementado, este permitiu atingir o fluxo contínuo da peça nas células de produção, diminuindo deste modo a distância percorrida pelas mesmas. Para a variante *Yours*, a distância percorrida pela peça diminuiu de 22,3 para 13,8 metros, representando uma redução de 38%. Por outro lado, o novo *layout* intracelular eliminou por



completo o número de fluxos transpostos e o cruzamento de peças, e ainda permitiu diminuir o número de trocas de peça entre os operadores na produção de uma capa de assento.

O objetivo destas implementações, para além de aumentar a satisfação dos colaboradores no posto de trabalho, passa por aumentar os níveis de produtividade. A produtividade das equipas de produção em estudo revelou um aumento durante as cinco semanas de monitorização. Em relação à equipa 43G, verificou-se um aumento dos níveis de produtividade em 22% no primeiro turno, e de 33% no segundo. Analogamente, a equipa 43H aumentou os seus índices de produtividade em 31% e 12%, no primeiro e segundo turno, respetivamente. Este aumento de produtividade foi o resultado de vários fatores como os já referidos anteriormente, e ainda pela criação de folhas de trabalho normalizado e pela redução do tamanho de lote de 10 para 3 unidades, que permitiu reduzir o WIP e melhorar a organização do posto de trabalho.

A aplicação do método EWA e do QNME permitiram evidenciar os problemas ao nível do posto de trabalho dos operadores de costura que aplicam os pequenos materiais na peça. Com o dimensionamento de um bordo de linha nestes postos de trabalho, para a equipa 43G, foi possível reduzir o risco de LMERT eliminando o trabalho em posição lateral e colocando os bordos de linha em frente aos operadores. De um resultado de avaliação RULA de 7 valores para o posto de trabalho inicial, a colocação de um bordo de linha permitiu assegurar uma postura mais adequada na tarefa de recolha dos pequenos materiais da caixa, obtendo-se uma pontuação de 3 segundo o mesmo método. Por outro lado, verificou-se um aumento do tempo para tarefas de valor acrescentado destes operadores, fruto da redução do tempo de *picking* de componentes.

A introdução do sistema de duas caixas possibilitou a redução do *stock* de pequenos materiais no posto de trabalho em 50% e facilitou o abastecimento por parte dos distribuidores. Para além de ter sido eliminada a necessidade dos operadores de costura se levantarem aquando do abastecimento, a introdução deste novo método permitiu definir uma frequência de abastecimento e suprimir as anteriores rotas aleatórias. Este método apenas foi implementado para a equipa 43G devido à empresa estar decidida em introduzir um novo conceito de costura, a costura em pé.

No decorrer do estágio foi notória a necessidade de introduzir mudanças a nível ergonómico no armazém dos pequenos materiais, bem como a aplicação da técnica 5S de modo a tornar a secção mais limpa e organizada. Procedeu-se à reorganização dos níveis das prateleiras e foi implementada a técnica 5S, que permitiu a criação de *standards* de arrumação. Foi também aplicada a Equação de NIOSH'91 de forma a avaliar o risco de LMERT associado à MMC naquele setor. Inicialmente, o posto de trabalho incorria

em 4 tarefas que apresentam risco para alguns trabalhadores e 1 tarefa que apresenta risco para a maioria dos trabalhadores. Após a reorganização do armazém, a introdução da nova caixa *standard* e o dimensionamento de um novo carrinho de abastecimento, verificou-se uma melhoria significativa neste posto de trabalho, que já só apresenta 2 tarefas com risco para alguns trabalhadores.

Com o estudo de tempos efetuado na secção da preparação, verificou-se que os operadores desta secção apresentavam uma taxa de ocupação reduzida. Foi proposta a redução de um colaborador e foi elaborado um plano de rotatividade para os preparadores, que visou aumentar a sua polivalência entre os modelos. A introdução do turno contínuo nesta secção reduziu o tempo improdutivo do operador logístico em 12 minutos por turno de trabalho.

Com a alteração do *layout* de corte de couro, a distância percorrida pelas peles NOK reduziu em 90% e possibilitou a inspeção da matéria-prima, quanto à sua qualidade, na mesma zona onde é rececionada, não permitindo deste modo que peles rejeitadas cheguem ao pavilhão de corte. Com o espaço libertado por este processo, procedeu-se à introdução das operações auxiliares no pavilhão de corte de couro. Esta alteração possibilitou um aproveitamento do espaço fabril em cerca de 420 m<sup>2</sup>, espaço este que a empresa quer utilizar para implantar novas células de produção.

Por fim, a criação de uma ferramenta de controlo nas operações auxiliares possibilitou a monitorização dos indicadores de qualidade. Após várias análises realizadas, foi possível identificar o predomínio de defeitos provocados naquele setor e foram propostas medidas corretivas com a elaboração de um ciclo PDCA. Para quantificar os resultados obtidos, comparou-se a quantidade de defeitos no mês de janeiro e no mês de abril, tendo se verificado uma redução de 46% no número de defeitos.

Em termos pessoais, este projeto possibilitou estar em contacto com um ambiente industrial e estar envolvido em diversos projetos de melhoria contínua. Em especial, foi possível analisar um sistema produtivo e identificar problemas e propor/implementar melhorias. O facto de ter estado envolvido numa equipa multidisciplinar permitiu adquirir competências de trabalho em grupo, bem como pôr à prova as capacidades de comunicação e liderança perante um número significativo de pessoas. O principal obstáculo durante este projeto foi a resistência à mudança, visto que grande parte dos colaboradores já se encontram na empresa há muitos anos e encaravam qualquer tipo de abordagem como se fosse para os prejudicar. No entanto, através da comunicação esta situação foi amenizada e com o passar do tempo os colaboradores tornaram-se numa grande mais valia para a implementação de melhorias.

## 7.2 Trabalho futuro

Atualmente, a empresa encontra-se a implementar um novo conceito produtivo de costura em pé, denominado por *Coindu Production System* (CPS). Este conceito baseia-se num *layout* de célula em linha, com a criação de fluxo contínuo da peça e o objetivo de atingir o one-piece-flow. De referir que os novos postos de trabalho possuem bordos de linha incorporados, pelo que é sugerida a implementação do sistema de duas para o abastecimento de pequenos materiais a todas as equipas de produção.

Para além disso, o autor propõe a passagem da operação de *decanting* (passagem dos pequenos materiais da caixa do fornecedor para a caixa *standard*) para o armazém de matéria-prima, para que seja possível eliminar as caixas de cartão do armazém central e proceder-se assim à criação de supermercados dinâmicos neste setor (reduzindo o *stock*). Com a criação de supermercados, torna-se fundamental também a implementação de um comboio logístico para efetuar o abastecimento às células, que foi impossibilitado durante este projeto devido a este se ter tratado de um projeto piloto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharyaa, T. K. (2011). Material Handling and Process Improvement Using Lean Manufacturing Principles. *International Journal of Industrial Engineering*, 18(7), 357–368.
- Alhonen, M., Launis, M., & Kuorinka, T. (1989). Ergonomic Workplace Analysis. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health. *Ergonomics Section*.
- Alves, A. C. (2008). Projecto dinâmico de sistemas de produção orientados ao produto.
- Amaro, A. P., & Pinto, J. P. (2007). Criação de valor e eliminação de desperdícios. *Revista Qualidade*, 1, 38–44.
- Barroso, M. P., Arezes, P. M., Da Costa, L. G., & Miguel, A. S. (2005). Anthropometric study of Portuguese workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(5), 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.10.005>
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). The lean toolbox—the essential guide to lean transformation, 4. *Aufl. PICSIE, Buckingham*.
- Bittencourt, W., Alves, A., & Arezes, P. (2011). Revisão Bibliográfica Sobre a Sinergia Entre Lean Production e Ergonomia. *Clme '2011*, (2007).
- Carreira, B. (2005). *Lean manufacturing that works: powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*. AMACOM/American Management Association.
- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*.
- Colim, A. (2009). Ana Sofia de Pinho Colim Tarefas de Manipulação Manual de Cargas: Selecção de Métodos de Avaliação de Risco. *Dissertação de Mestrado Na Universidade Do Minho*.
- Costa, L. F., & Arezes, P. M. (2003). Introdução ao estudo do trabalho. *Grupo de Engenharia Humana Do Departamento de Produção e Sistemas Da Universidade Do Minho*.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220–240.
- David, G. C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*, 55(3), 190–199. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>
- Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2015). Waste identification diagrams. *Production Planning & Control*, 26(3), 235–247.
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, 40(4), 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.07.001>

- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2012). *Ergonomia prática*. Editora Blucher.
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- Hakkarainen, P., Ketola, R., & Nevala, N. (2011). Reliability and usability of the ergonomic workplace method for assessing working environments. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(4), 367–378.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*, 24(10), 994–1011. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education. New York.
- Kilbom, sa. (1994). Repetitive work of the upper extremity: Part I-Guidelines for the practitioner. *Elsevier Ergonomics Book Series*, 1(C), 145–150. [https://doi.org/10.1016/S1572-347X\(00\)80010-5](https://doi.org/10.1016/S1572-347X(00)80010-5)
- Landsbergis, P. A., Cahill, J., & Schnall, P. (1999). The impact of lean production and related new systems of work organization on worker health. *Journal of Occupational Health Psychology*, 4(2), 108–130. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.4.2.108>
- Liker, J. K., & Lamb, T. (2000). Lean manufacturing principles guide. *A Guide to Lean Shipbuilding*. (University of Michigan, Ann Arbor, Michigan).
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2013). Preparation of a textile and clothing company to lean implementation by identifying ergonomic and environmental risks.
- Manghisi, V. M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Bevilacqua, V., Trotta, G. F., & Monno, G. (2017). Real time RULA assessment using Kinect v2 sensor. *Applied Ergonomics*, 65, 481–491. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.015>
- McAtamney, L., & Corlett, N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.
- Mesquita, C. C., Ribeiro, J. C., & Moreira, P. (2010). Portuguese version of the standardized Nordic musculoskeletal questionnaire: cross cultural and reliability. *Journal of Public Health*, 18(5), 461–466.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time*. Engineering & Management Press. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=aVPBQgAACAAJ>
- O'Brien, R. (1998). *An overview of the methodological approach of action research*. Toronto: University

- of Toronto. Retrieved from <http://web.net/~robrien/papers/xx ar final.htm>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press. Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=7\\_-67SshOy8C&fbclid=IwAR0znNjKkp\\_NJTnFonzQHkH-KVpKPBpRUVSCY-vKYZZ7WtqnSDDGL5XJD78](https://books.google.pt/books?id=7_-67SshOy8C&fbclid=IwAR0znNjKkp_NJTnFonzQHkH-KVpKPBpRUVSCY-vKYZZ7WtqnSDDGL5XJD78)
- Pattanaik, L. N., & Sharma, B. P. (2009). Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(7–8), 772–779.
- Rao, H. A., Pham, S. N., & Gu, P. (1999). A genetic algorithms-based approach for design of manufacturing systems: An industrial application. *International Journal of Production Research*, 37(3), 557–580. <https://doi.org/10.1080/002075499191670>
- Rembold, H., & Llackner, B. (1985). Convenient method for the determination of picomole amounts of juvenile hormone. *Journal of Chromatography. A*, 323(2), 355–361.
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., & Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 5947–5954. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production: the Shingo system of continuous improvement*. CRC Press.
- Singh, N., & Rajamani, D. (1997). Cellular manufacturing systems design, planning and control. *Journal of the Operational Research Society*, 48(6), 655.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard Business Review*, 77(5), 96–106.
- Štefanić, N., Tošanović, N., & Hegedić, M. (2012). Kaizen workshop as an important element of continuous improvement process. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(2), 93–98.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, 582–603.
- Ungan, M. C. (2006). Standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>
- Váncza, J., Monostori, L., Lutters, D., Kumara, S. R., Tseng, M., Valckenaers, P., & Van Brussel, H. (2011). Cooperative and responsive manufacturing enterprises. *CIRP Annals*, 60(2), 797–820. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.05.009>
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749–776. <https://doi.org/10.1080/00140139308967940>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon and Schuster, Ltd.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.  
Retrieved from [https://books.google.pt/books?id=\\_n5qRfaNv9AC&dq=womack&lr=&hl=pt-PT&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.pt/books?id=_n5qRfaNv9AC&dq=womack&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s)

# ANEXOS



ANEXO I – LAYOUT DA UNIDADE PRODUTIVA DE JOANE 2

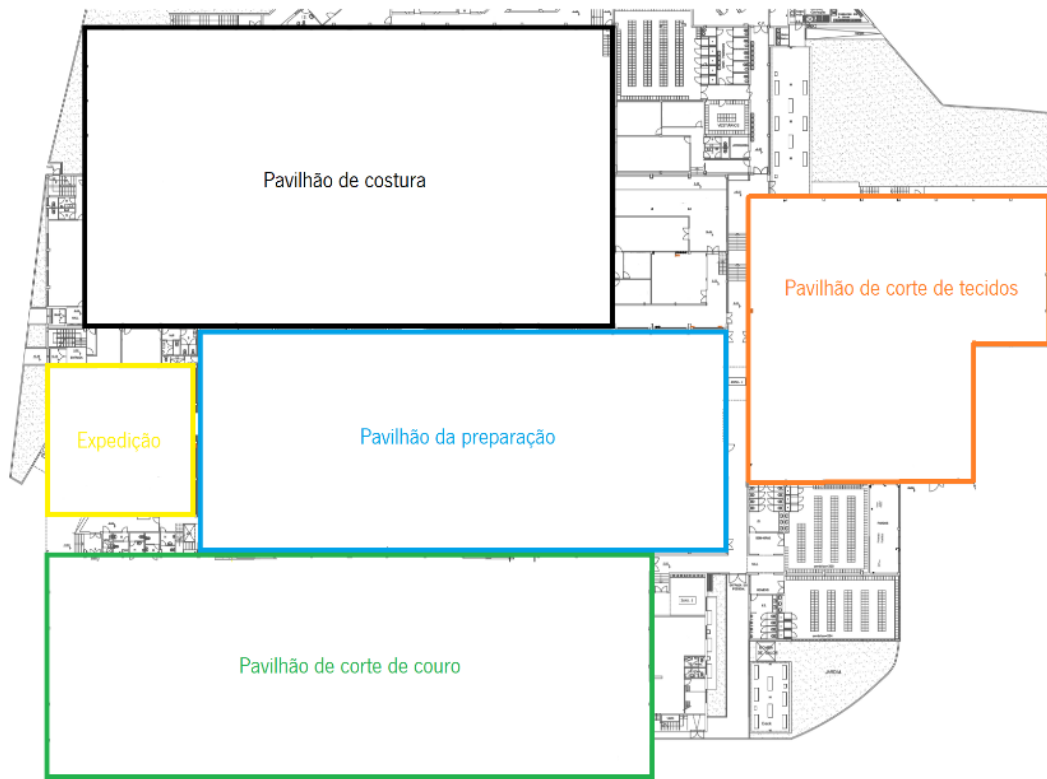


Figura 60 - Layout da unidade produtiva de Joane

## ANEXO II – PROCURA DE CARROS NA UNIDADE PRODUTIVA DE JOANE 2

Na folha Excel facultada pelo departamento de logística, a procura aparece em peças e não em carros. A empresa possui o registo do número médio de peças que são necessárias para a produção de capas de assento para o carro completo (dentro dos projetos produzidos nesta unidade, há carros que possuem 4 lugares e outros que têm terceira fila), por projeto. Assim, através da informação fornecida pela empresa foi possível calcular a procura de carros por cada projeto (Tabela 31), o que facilita na análise de capacidade da produção.

*Tabela 31 - Procura de carros entre 1 de setembro a 31 de dezembro de 2018*

<b>Projeto</b>	<b>Qtd carros</b>	<b>Percentagem</b>
Audi Q7	31080	55,1%
Mini F60	12691	22,5%
Audi A8	6447	11,4%
Audi TT	5111	9,1%
Lamborghini	799	1,4%
Mini F57	231	0,4%

### ANEXO III – PROCESSO DE FABRICO E GAMA OPERATÓRIA DAS VARIANTES DO AF *SPORT* MINI F60

A variante *Lounge* e *Chester* possui a mesma gama operatória e mesmos materiais, pelo que apresentam a mesma gama operatória e processo de fabrico, apresentados na Tabela 32 e Tabela 33, e na Figura 61, respetivamente. As gamas operatórias e processos de fabrico das outras variantes em produção também são apresentados nesta secção.

*Tabela 32 - Gama operatória - AF Sport Lounge e Chester Mini F60*

<b>AF Sport Lounge e Chester - Mini F60</b>	
<b>Número</b>	<b>Descrição da operação</b>
1	UNIR PC 1 A PC 1A
2	UNIR PC 2 A PC 2A
3	UNIR PC 3 A PC 3A
4	UNIR PC 4 À PC 4A
5	UNIR PC 5 À PC 5A
6	UNIR PC 6 À PC 6A
7	UNIR PC 7 À PC 7A
8	UNIR PC 17 À PC 17A
9	UNIR PC 2 A PC 6
10	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA
11	UNIR CONJ. 2/6 A PC 7
12	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 2 AGULHAS
13	APLICAR VIVO NA PC 8
14	UNIR CONJ. 2/6/7 A PC 8
15	UNIR PC 15 A PC 8
16	UNIR PC 3 A PC 5
17	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA
18	UNIR CONJ. 3/5 A PC 17
19	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 2 AGULHAS
20	APLICAR VIVO NA PC 18
21	UNIR CONJ. 3/5/17 A PC 18
22	UNIR PC 16 A PC 18
23	UNIR CONJ. 3/5/17/16/18 A PC 4
24	UNIR 3/5/16/17/18/4 AO CONJ. 2/6/7/8/15
25	APLICAR TNT P04 (1X)
26	APLICAR TNT P04 (2X)
27	UNIR PC 12 A PC 1
28	UNIR PC 10 A PC 11
29	EFFECTUAR BAINHA NO CONJ. 10/11(1X)
30	EFFECTUAR BAINHA NO CONJ. 10/11(2X)
31	UNIR CONJ.10/11 A PC 1
32	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA
33	APLICAR PERFIL P05
34	APLICAR TNT P03 (1X)
35	APLICAR TNT P03 (2X)

Tabela 33 - Gama operatória - AF Sport Lounge e Chester Mini F60 (continuação)

AF Sport Lounge e Chester- Mini F60	
Número	Descrição da operação
36	UNIR CONJ. 2/3/4/5/6/7/17/18/8/15/16 A PC 1
37	APLICAR TNT P01
38	APLICAR TNT P02
39	UNIR (FECHAR) PC 12 AO CONJ, CENTRAL(1X)
40	UNIR (FECHAR) PC 12 AO CONJ, CENTRAL(2X)
41	UNIR PC 9 AO CONJ. CENTRAL COM ETIQUETA ET01 EM SIMULTANEO
42	UNIR PC 13 AO CONJ. CENTRAL
43	UNIR PC 14 AO CONJ. CENTRAL
44	EFECTUAR BAINHA NO CONJ.CENTRAL(1X)
45	EFECTUAR BAINHA NO CONJ.CENTRAL(2X)
46	APLICAR MANGA (MG01)(1X)
47	APLICAR MANGA (MG01)(2X)
48	APLICAR PERFIL P06
49	APLICAR PERFIL P07

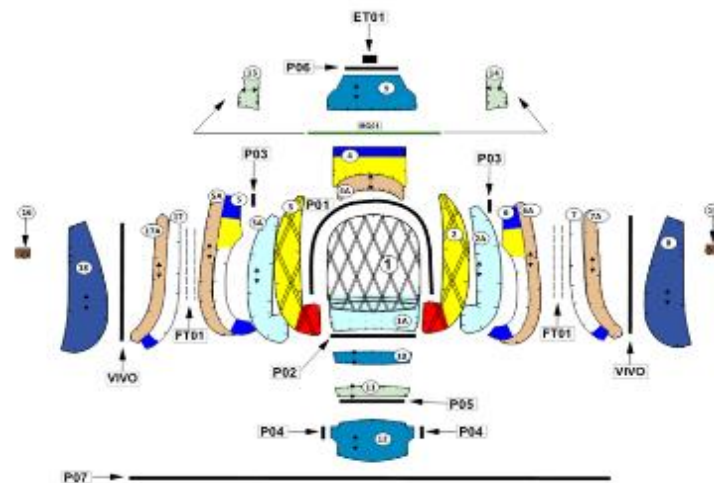


Figura 61 - Processo de fabrico da variante Lounge e Chester

Tabela 34 - Gama operatória - AF Sport Double Stripe Mini F60

AF Sport Double Stripe - Mini F60	
Número	Descrição da operação
1	UNIR PÇ2 À PÇ3
2	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.2/3 COM FT01 EM SIMULTÂNEO
3	UNIR PÇ5 À PÇ6
4	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.5/6 COM FT01 EM SIMULTÂNEO
5	UNIR PÇ7 AO CONJ.5/6
6	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.7/6
7	UNIR PÇ4 AO CONJ.2/3
8	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.4/3
9	UNIR CONJ.2/3/4 E CONJ.5/6/7 À PÇ8
10	UNIR PÇ1 AO CONJ.2/5/8
11	APLICAR TNT P01 NO CONJ. CENTRAL
12	UNIR PÇ12 À PÇ13
13	EFETUAR BAINHA NO CONJ.12/13
14	UNIR CONJ.12/13 À PÇ1
15	PESPONTO DE 1AG NA PÇ12
16	UNIR PÇ14 À PÇ1
17	APLICAR TNT P02 NO CONJ.1/14 (SOBRE A PÇ1)
18	UNIR PÇ14 AO CONJ.2/3/4 E AO CONJ. 5/6/7
19	APLICAR TNT P04 NA PÇ14
20	APLICAR PERFIL P03 NA PÇ13
21	APLICAR TNT P05 NO CONJ.5/8 E 2/8 (SOBRE A PÇ8)
22	UNIR PÇ9 AO CONJ.2/3/4/5/6/7/8 COM ETIQUETA EM SIMULTANEO
23	UNIR PÇ10 E PÇ11 AO CONJ. FINAL
24	EFETUAR BAINHA NO CONJ.7/10 E NO CONJ.4/11
25	UNIR PEÇA 15 (X2)
26	UNIR MANGA MG01 À PÇ10 E PÇ11
27	APLICAR PERFIL P07 AO CONJ.FINAL
28	APLICAR PERFIL P06 NA PÇ9

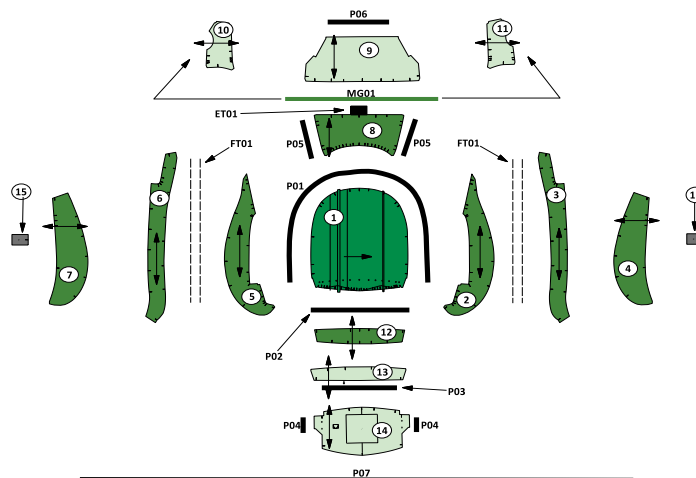


Figura 62 - Processo de fabrico da variante Double Stripe

Tabela 35 - Gama operatória - AF Sport Kunst Mini F60

AF Sport Kunst- Mini F60	
Número	Descrição da operação
1	UNIR PÇ2 À PÇ3
2	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.2/3 COM FT01 EM SIMULTÂNEO
3	UNIR PÇ5 À PÇ6
4	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.5/6 COM FT01 EM SIMULTÂNEO
5	UNIR PÇ7 AO CONJ.5/6
6	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.7/6
7	UNIR PÇ4 AO CONJ.2/3
8	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.4/3
9	UNIR CONJ.2/3/4 E CONJ.5/6/7 À PÇ8
10	UNIR PÇ1 AO CONJ.2/5/8
11	APLICAR TNT P01 NO CONJ. CENTRAL
12	UNIR PÇ12 À PÇ13
13	EFETUAR BAINHA NO CONJ.12/13
14	UNIR CONJ.12/13 À PÇ1
15	PESPONTO DE 1AG NA PÇ12
16	UNIR PÇ14 À PÇ1
17	APLICAR TNT P02 NO CONJ.1/14 (SOBRE A PÇ1)
18	UNIR PÇ14 AO CONJ.2/3/4 E AO CONJ. 5/6/7
19	APLICAR TNT P04 NA PÇ14
20	APLICAR PERFIL P03 NA PÇ13
21	APLICAR TNT P05 NO CONJ.5/8 E 2/8 (SOBRE A PÇ8)
22	UNIR PÇ9 AO CONJ.2/3/4/5/6/7/8 COM ETIQUETA EM SIMULTANEO
23	UNIR PÇ10 E PÇ11 AO CONJ. FINAL
24	EFETUAR BAINHA NO CONJ.7/10 E NO CONJ.4/11
25	UNIR PEÇA 15 (X2)
26	UNIR MANGA MG01 À PÇ10 E PÇ11
27	APLICAR PERFIL P07 AO CONJ.FINAL
28	APLICAR PERFIL P06 NA PÇ9

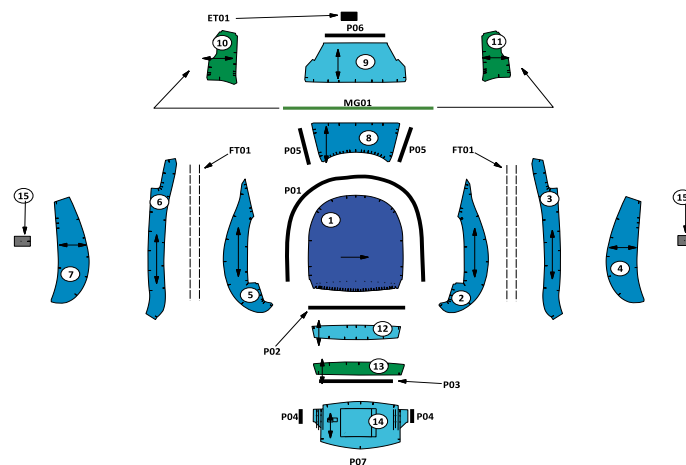


Figura 63 - Processo de fabrico da variante Kunst

Tabela 36 - Gama operatória - AF Sport Cross Punch Mini F60

AF Sport Cross Punch - Mini F60	
Número	Descrição da operação
1	UNIR PC 1 À PC 1A
2	UNIR PC 2 À PC 2A
3	UNIR PC 3 À PC 3A
4	UNIR PC 4 À PC 4A
5	UNIR PÇ2 À PÇ7
6	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.2/7 COM FT01 EM SIMULTÂNEO
7	UNIR PÇ3 À PÇ5
8	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.3/5 COM FT01 EM SIMULTÂNEO
9	UNIR PÇ6 AO CONJ.3/5
10	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.7/6
11	UNIR PÇ8 AO CONJ.2/7
12	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.8/7
13	UNIR CONJ.2/7/8 E CONJ.3/5/6 À PÇ4
14	UNIR PÇ1 AO CONJ.2/3/4
15	APLICAR TNT P01 NO CONJ. CENTRAL
16	UNIR PÇ10 À PÇ11
17	EFETUAR BAINHA NO CONJ.10/11
18	UNIR CONJ.10/11 À PÇ1
19	PESPONTO DE 1AG NA PÇ10
20	UNIR PÇ12 À PÇ1
21	APLICAR TNT P02 NO CONJ.1/12 (SOBRE A PÇ1)
22	UNIR PÇ12 AO CONJ.2/7/8 E AO CONJ. 3/5/6
23	APLICAR TNT P04 NA PÇ12
24	APLICAR PERFIL P05 NA PÇ11
25	APLICAR TNT P03 NO CONJ.2/4 E 3/4 (SOBRE A PÇ8)
26	UNIR PÇ9 AO CONJ.2/7/8/3/5/6/4 COM ETIQUETA EM SIMULTANEO
27	UNIR PÇ13 E PÇ14 AO CONJ. FINAL
28	EFETUAR BAINHA NO CONJ.6/13 E NO CONJ.8/14
29	UNIR PEÇA 15 E 16
30	UNIR MANGA MG01 À PÇ13 E PÇ14
31	APLICAR PERFIL P07 AO CONJ.FINAL
32	APLICAR PERFIL P06 NA PÇ9

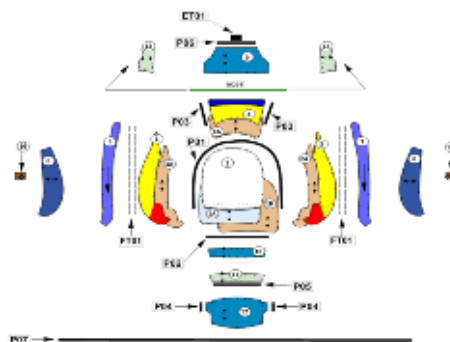


Figura 64 - Processo de fabrico da variante Cross Punch

Tabela 37 - Gama operatória - AF Sport Stoff Dinamica Mini F60

AF Sport Stoff Dinamica - Mini F60	
Número	Descrição da operação
1	UNIR PÇ3 Á PÇ9
2	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.3/9 COM FITA FT01 EM SIMULTÂNEO
3	UNIR PÇ2 Á PÇ7
4	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.2/7 COM FITA FT01 EM SIMULTÂNEO
5	UNIR PÇ10 AO CONJ.3/9
6	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.9/10
7	UNIR PÇ8 AO CONJ.2/7
8	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.7/8
9	UNIR PÇ4 AO CONJ.3/9/10
10	UNIR PÇ6 AO CONJ.2/7/8
11	UNIR CONJ.4/3/9/10 E CONJ.6/2/7/8 Á PÇ5
12	UNIR PÇ1 AO CONJ.2/3/5
13	APLICAR PERFIL TNT P01 AO CONJ.1/2/3/5
14	APLICAR PERFIL TNT P02 NO CONJ.4/5 E NO CONJ.5/6(SOBRE A PÇ5)
15	UNIR PÇ14 Á PÇ15
16	BAINHAS NO CONJ.14/15
17	UNIR CONJ.14/15 Á PÇ1
18	PESPONTO DE 1AG NA PÇ14
19	UNIR PÇ 16 Á PÇ1
20	APLICAR TNT P04 NO CONJ.1/16
21	APLICAR PERFIL P05 NA PÇ15
22	UNIR PÇ16 AO CONJ.3/9 E AO CONJ.2/7
23	APLICAR TNT P06 NA PÇ16
24	UNIR PÇ11 AO CONJ.4/5/6
25	UNIR PÇ12 E PÇ13 AO CONJ. CENTRAL
26	BAINHAS NO CONJ.4/12 E NO CONJ.6/13
27	UNIR MANGA MGO1 Á PÇ12 E Á PÇ13
28	APLICAR PERFIL TNT P07 AO CONJ. CENTRAL COM PÇ17 EM SIMULTÂNEO
29	APLICAR PERFIL P03 NA PÇ11
30	APLICAR ETIQUETA ET01 AO CONJ. FINAL
31	APLICAR PERFIL P07 AO CONJ.FINAL
32	APLICAR PERFIL P06 NA PÇ9

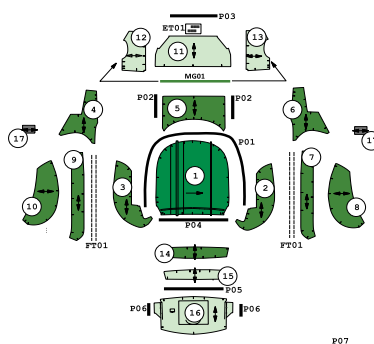


Figura 65 - Processo de fabrico da variante Stoff Dinamica



Tabela 38 - Gama operatória - AF Sport Black Pearl Mini F60

AF Sport Black Pearl - Mini F60	
Número	Descrição da operação
1	UNIR PÇ4 Á PÇ5
2	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.4/5 COM FITA FT01 EM SIMULTÂNEO
3	UNIR PÇ7 Á PÇ8
4	PESPONTO DE 2AG NO CONJ.7/8 COM FITA FT01 EM SIMULTÂNEO
5	UNIR PÇ3 AO CONJ.4/5
6	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.3/4
7	UNIR PÇ2 AO CONJ.7/8
8	PESPONTO DE 1AG NO CONJ.2/7
9	UNIR PÇ6 AO CONJ.3/4/5
10	UNIR PÇ9 AO CONJ.2/7/8
11	UNIR CONJ.3/4/5/6 E CONJ.2/7/8/9 Á PÇ12
12	UNIR PÇ1 AO CONJ.2/3/12
13	APLICAR TNT P01 AO CONJ. CENTRAL
14	APLICAR TNT P02 NO CONJ.4/5/12 E 7/8/12 (SOBRE A PÇ12)
15	UNIR PÇ14 Á PÇ15
16	EFETUAR BAINHA NO CONJ.14/15
17	UNIR CONJ.14/15 Á PÇ1
18	PESPONTO DE 1AG NA PÇ14
19	UNIR PÇ16 Á PÇ1
20	APLICAR TNT P03 AO CONJ.1/14
21	UNIR PÇ16 AO CONJ.3/4/5/6 E AO CONJ.2/7/8/9
22	APLICAR PERFIL P04 NA PÇ15
23	APLICAR TNT P05 NA PÇ16
24	UNIR PÇ13 AO CONJ.3/4/5/12/2/7/8
25	UNIR PÇ10 E PÇ11 AO CONJ. CENTRAL
26	EFETUAR BAINHA NO CONJ.6/5/13 E NO CONJ.9/8/13
27	UNIR MANGA MG01 Á PÇ10 E PÇ11
28	APLICAR PERFIL P07 AO CONJ.FINAL COM PÇ17 EM SIMULTÂNEO
29	APLICAR PERFIL P06 NA PÇ13
30	APLICAR ETIQUETA ET01 AO CONJ.FINAL
31	APLICAR PERFIL P07 AO CONJ.FINAL
32	APLICAR PERFIL P06 NA PÇ9

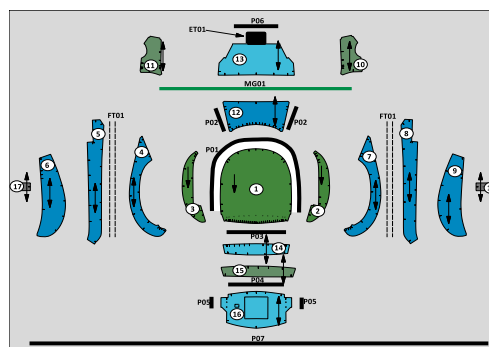


Figura 66 - Processo de fabrico da variante Black Pearl

## ANEXO IV – FOLHA DE AUXÍLIO PARA O QUESTIONÁRIO DO EWA

### *Ergonomic Work Analysis*

Idade \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_ Data de hoje \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Posto de trabalho \_\_\_\_\_

**1. ESPAÇO DE TRABALHO**

- Área de trabalho horizontal;
- Altura do plano de trabalho;
- Visão
- Espaço para as pernas;
- Assento;
- Ferramentas manuais;

++	+	X	--
----	---	---	----

**2. ATIVIDADE FÍSICA GERAL**

- Intensidade do trabalho;

++	+	X	--
----	---	---	----

**3. POSTURAS E MOVIMENTOS**

- Pescoço e ombros;
- Cotovelos e pulsos;
- Costas;
- Ancas e pernas

++	+	X	--
----	---	---	----

**4. RISCO DE ACIDENTE**

- Antecedentes de lesões provocadas pela costura;
- Severidade das mesmas;

++	+	X	--
----	---	---	----

**5. RESTRITIVIDADE DO TRABALHO**

- Outros colaboradores a “imporem” o ritmo de trabalho;
- Organização do trabalho;

++	+	X	--
----	---	---	----

**6. REPETITIVIDADE DO TRABALHO**

- Avaliar tempos de ciclo (abaixo de 0,5 – 5 minutos)

++	+	X	--
----	---	---	----

**7. ILUMINAÇÃO**

- Medir iluminância;
- Calcular % da iluminância relativamente ao valor recomendado;
- Sem encadeamento;

++	+	X	--
----	---	---	----

**8. AMBIENTE TÉRMICO**

- Medir temperatura do ar no local de trabalho à altura da cabeça e dos tornozelos do trabalhador;
- Medir ou estimar a velocidade do ar e a humidade relativa;

++	+	X	--
----	---	---	----

**9. RUÍDO**

- Trabalho que requer concentração (medir decibéis e atribuir pontuação);

++	+	X	--
----	---	---	----

Figura 67 - Folha de auxílio para a avaliação do posto de trabalho - EWA

# ANEXO V – QUESTIONÁRIO NÓRDICO MUSCULOESQUELÉTICO

## Questionário Nórdico Musculoesquelético

Idade \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_ Data de hoje \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Posto de trabalho \_\_\_\_\_

Considerando os últimos 12 meses, teve algum problema (tal como dor, desconforto ou dormência) nas seguintes regiões:	Responda, apenas, se tiver algum problema		Durante os últimos 12 meses teve que evitar as suas actividades normais (trabalho, serviço doméstico ou passatempos) por causa de problemas nas seguintes regiões:
	Teve algum problema nos últimos 7 dias, nas seguintes regiões:		
1. Pescoço? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	2. Pescoço? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	3. Pescoço? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	4. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
5. Ombros? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos	6. Ombros? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos	7. Ombros? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no ombro direito 3 <input type="checkbox"/> no ombro esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos	8. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
9. Cotovelo? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos	10. Cotovelo? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos	11. Cotovelo? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no cotovelo direito 3 <input type="checkbox"/> no cotovelo esquerdo 4 <input type="checkbox"/> em ambos	12. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
13. Punho/Mãos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> em ambos	14. Punho/Mãos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> em ambos	15. Punho/Mãos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> no punho/mãos direitos 3 <input type="checkbox"/> no punho/mãos esquerdos 4 <input type="checkbox"/> em ambos	16. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
17. Região Torácica? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	18. Região Torácica? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	19. Região Torácica? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	20. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
21. Região Lombar? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	22. Região Lombar? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	23. Região Lombar? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	24. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
25. Ancas/Coxas? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	26. Ancas/Coxas? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	27. Ancas/Coxas? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	28. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
29. Joelhos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	30. Joelhos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	31. Joelhos? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	32. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima
33. Tornozelo/Pés? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	34. Tornozelo/Pés? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	35. Tornozelo/Pés? Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	36. Sem Dor <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> Dor Máxima

Figura 68 - Questionário Nórdico Musculoesquelético na versão traduzida para a população portuguesa

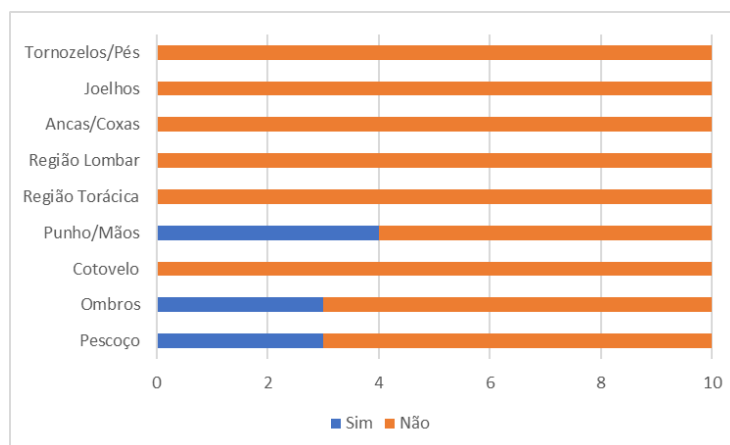


Figura 69 - Histórico de lesões relacionadas com o trabalho nos últimos 12 meses

## ANEXO VI – BALANCEAMENTO, *LAYOUT* E FLUXO DE PEÇA ATUAL DA EQUIPA 43H

Na lista de operações realizadas para a execução das variantes produzidas na equipa 43H, foram retiradas as operações de enchimento uma vez que estas não são efetuadas na célula de produção, não estando incluídas no balanceamento.

*Tabela 39 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Yours*

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10
1	23										100%
2	124										100%
3	29										100%
13	29				100%						
14	36		100%								
15	33	100%									
16	32		100%								
17	25	100%									
18	30			100%							
19	29				100%						
20	36		100%								
21	33	100%									
22	32		100%								
23	25	100%									
24	30			100%							
25	25			100%							
26	25			100%							
27	15			100%							
28	15			100%							
29	32						100%				
30	10						100%				
31	10						100%				
32	20					100%					
33	20					100%					
34	18					100%					
35	25									100%	
36	54					100%					
37	30					100%					
38	129				100%						
39	57								100%		
40	35								100%		
41	28						100%				
42	28						100%				
43	10									100%	
44	10									100%	

Tabela 40 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Yours (continuação)

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10
45	36							100%			
46	28							100%			
47	28							100%			
48	20							100%			
49	20								100%		
50	18								100%		
51	18								100%		
52	15									100%	
53	64									100%	
Tempo total por operador (s)		116	136	141	187	142	108	112	147	124	176
Taxa de Ocupação		84%	98%	101%	135%	102%	78%	81%	106%	89%	127%

A Tabela 41 apresenta os indicadores associados à produção desta peça.

Tabela 41 - Indicadores de produção - Variante Yours

Variante Yours	
Tempo de peça (minutos)	23,14
Qtd peças a 100% de produtividade	194
Tempo de ciclo ideal	139
Tempo de estrangulamento	187
Peças previstas	144
Perdas	-50

Pela análise da Tabela 39, Tabela 40 e Tabela 41, pode observar-se os valores dos tempos totais por operador, apresentados em segundos, que é calculado através da soma dos tempos das operações alocadas ao mesmo. O tempo de peça é calculado com base na soma de todas as operações realizadas na célula e é apresentado em minutos.

Com base no número de pessoas nesta célula de produção, neste caso 10, é determinado o tempo de ciclo ideal da célula, calculado a partir da divisão do tempo de peça pelo número de operadores, que se apresenta em segundos. A quantidade de peças a 100% de produtividade é 194, valor previsto através da fórmula do cálculo da produtividade acima descrito. O tempo de ciclo ideal é o tempo disponível por dia ( $450 \times 10 \times 60$ ) em segundos a dividir pela produção prevista por dia (a 100% de produtividade). Com base neste valor é calculada a taxa de ocupação de cada operador, dividindo o tempo total de cada operador pelo tempo de ciclo ideal. Verifica-se também neste balanceamento que o tempo de estrangulamento da célula de produção é de 187 segundos, relativos ao operador nº4. Este tempo

permite calcular o número de peças previstas, através da divisão do tempo disponível deste operador (450 x 60 segundos) pelo tempo de produção. Assim, as possíveis perdas associadas ao mau balanceamento das células para esta variante, podem atingir as 50 peças. A taxa de ocupação dos operadores para a variante *Yours* é apresentada na Figura 28.

*Tabela 42 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Chester e Lounge*

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10
9	25				100%						
10	33		100%								
11	26				100%						
12	35		100%								
13	24	100%									
14	29	100%									
15	10			100%							
16	25				100%						
17	33		100%								
18	26				100%						
19	35		100%								
20	24	100%									
21	29	100%									
22	10			100%							
23	15			100%							
24	15			100%							
25	12			100%							
26	12			100%							
27	26						100%				
28	18					100%					
29	14					100%					
30	14					100%					
31	43					100%					
32	29					100%					
33	18									100%	
34	14			100%							
35	14			100%							
36	117										100%
37	52								100%		
38	29								100%		
39	24						100%				
40	24						100%				
41	32						100%				
42	30							100%			
43	30							100%			
44	18							100%			

Tabela 43 - Balanceamento atual da equipa 43H - variante Chester e Lounge (continuação)

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10
45	18							100%			
46	12								100%		
47	12								100%		
48	17									100%	
49	61									100%	
Tempo total por operador (s)		106	136	102	102	119	106	97	105	97	117
Taxa de Ocupação		98%	125%	94%	94%	110%	97%	89%	96%	89%	108%

Tabela 44 - Indicadores de produção - Variante Chester e Lounge

Variante <i>Chester e Lounge</i>	
Tempo de peça (minutos)	18,09
Qtd peças a 100% de produtividade	249
Tempo de ciclo ideal	109
Tempo de estrangulamento	136
Peças previstas	199
Perdas (peças)	-50

De seguida, na Figura 70 é apresentada a taxa de ocupação dos operadores relativamente ao tempo de ciclo ideal, para as variantes *Chester e Lounge*.

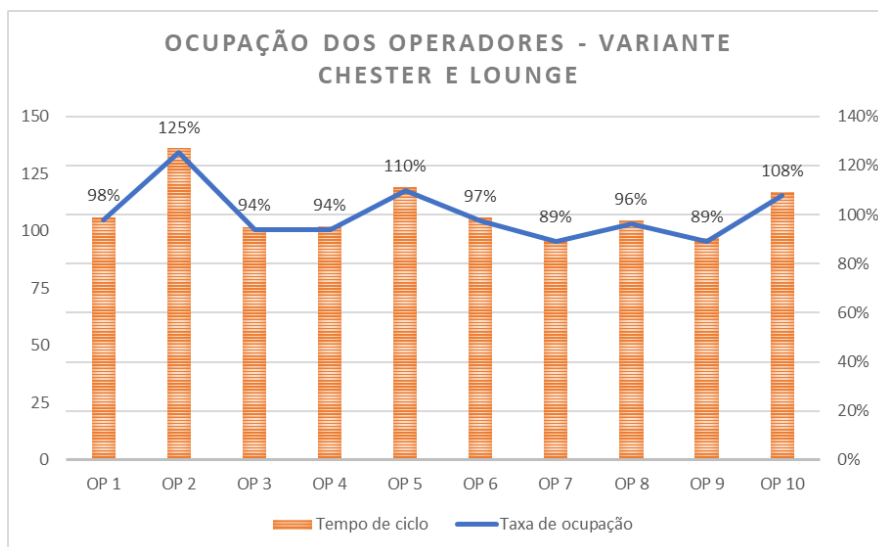


Figura 70 - Taxa de ocupação e tempos de ciclo atuais da equipa 43H – variante Lounge e Chester

No que se refere ao *layout* intracelular, este não se verifica adequado para a produção destas variantes uma que vez que ocorrem problemas associados ao fluxo de peça. Existem cruzamentos e elevadas troca

de peças, fluxos transpostos e ainda elevadas distâncias percorridas pela peça ao longo da célula de produção. Estes fatores encontram-se discriminados na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, s ecção 4.3.3, e o respetivo *layout* de máquinas e fluxo de peça são apresentados na Figura 71. Na produção destas duas variantes, o posto de trabalho número 8 necessita de troca de componentes na máquina uma vez que na variante *Yours*, o operador 10 executa operações de enchimentos, e na variante *Lounge* e *Chester*, este realiza operações de uniões. Sendo assim, torna-se necessária a troca do guia na máquina, bem como a aplicação de calcadores específicos para a operação de uniões, o que pode levar a perdas na ordem dos 60 segundos sempre que esta alteração é efetuada. As informações fornecidas pelo gestor de produção referem que estas alterações são realizadas 4 vezes por turno, ou seja, perdem-se 240 segundos em *setups* por turno de trabalho.

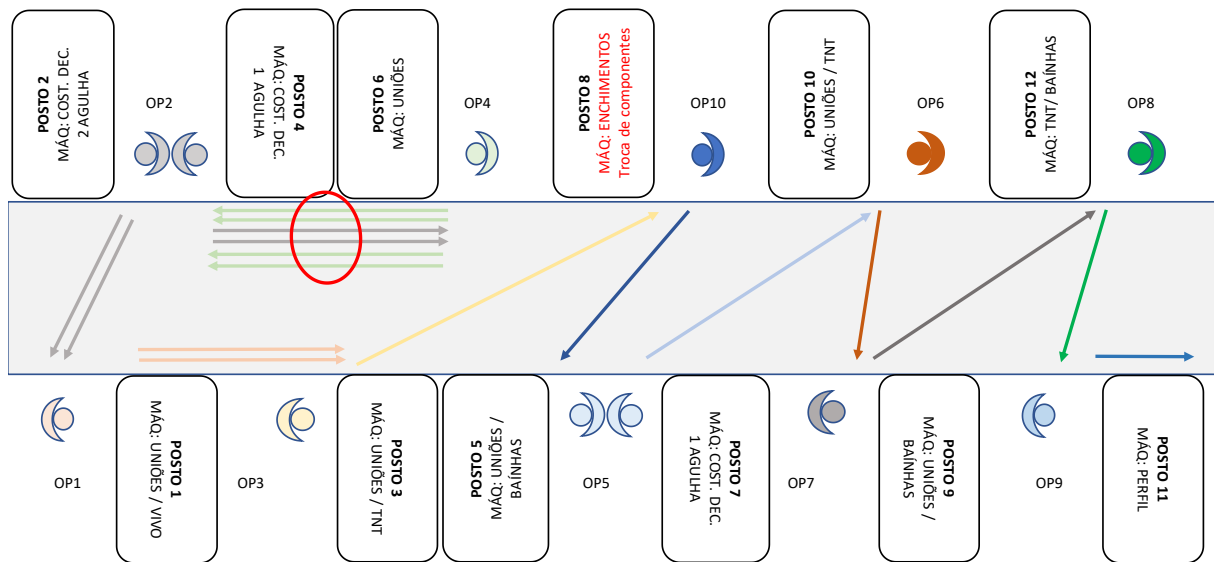


Figura 71 - Layout e fluxo atual de peça da equipa 43H - variante Lounge e Chester



## ANEXO VII – BALANCEAMENTO, *LAYOUT* FLUXO DE PEÇA ATUAL DA EQUIPA 43G

Tabela 45 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Stoff Dinamica

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	22	100%								
2	29		100%							
3	22	100%								
4	29		100%							
5	23	100%								
6	26		100%							
7	23	100%								
8	26		100%							
9	25			100%						
10	25			100%						
11	42			100%						
12	59				100%					
13	42								100%	
14	33					100%				
15	18					100%				
16	32					100%				
17	18					100%				
18	24				100%					
19	20						100%			
20	19						100%			
21	20									100%
22	38						100%			
23	23							100%		
24	26							100%		
25	58							100%		
26	36								100%	
27	24								100%	
28	56									100%
29	19									100%
30	12							100%		
Tempo total por operador (s)		90	109	92	83	102	77	120	102	95
Taxa de Ocupação		93%	113%	95%	86%	105%	80%	124%	106%	98%
Tempo de peça (minutos)		14,50								
Qtd peças a 100% de produtividade		279								
Tempo de ciclo ideal		97								
Tempo de estrangulamento		120								
Peças previstas		226								
Perdas		-53								

Tabela 46 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Kunst

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	19	100%								
2	28		100%							
3	19	100%								
4	28		100%							
5	21	100%								
6	24		100%							
7	20	100%								
8	27		100%							
9	36			100%						
10	57			100%						
11	38								100%	
12	18				100%					
13	25				100%					
14	20				100%					
15	23				100%					
16	17					100%				
17	20						100%			
18	35					50%	50%			
19	22					100%				
20	20									100%
21	35					100%				
22	39						100%			
23	66							100%		
24	40								100%	
25	20						100%			
26	26							100%		
27	45									100%
28	22									100%
Tempo total por operador (s)		79	107	93	85	92	97	92	78	87
Taxa de Ocupação		88%	119%	103%	95%	102%	107%	102%	87%	97%
Tempo de peça (minutos)		13,49								
Qtd peças a 100% de produtividade		300								
Tempo de ciclo ideal		90								
Tempo de estrangulamento		107								
Peças previstas		252								
Perdas		-48								

Tabela 47 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Double Stripe

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	20	100%								
2	28		100%							
3	20	100%								
4	28		100%							
5	21	100%								
6	26		100%							
7	22	100%								
8	26		100%							
9	38			100%						
10	48			100%						
11	40								100%	
12	18				100%					
13	34				100%					
14	18				100%					
15	20				100%					
16	18					100%				
17	18						100%			
18	36					50%	50%			
19	24					100%				
20	20									100%
21	34					100%				
22	40						100%			
23	66							100%		
24	38								100%	
25	22						100%			
26	26							100%		
27	45									100%
28	21									100%
Tempo total por operador (s)		83	108	86	90	94	98	92	78	86
Taxa de Ocupação		92%	119%	95%	99%	104%	108%	102%	86%	95%
Tempo de peça (minutos)	13,59									
Qtd peças a 100% de produtividade	298									
Tempo de ciclo ideal	91									
Tempo de estrangulamento	108									
Peças previstas	250									
Perdas	-48									

Tabela 48 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Cross Punch

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
5	23	100%								
6	29		100%							
7	23	100%								
8	29		100%							
9	25	100%								
10	27		100%							
11	25	100%								
12	27		100%							
13	40			100%						
14	45			100%						
15	46								100%	
16	20				100%					
17	35				100%					
18	20				100%					
19	23				100%					
20	20					100%				
21	20						100%			
22	38					50%	50%			
23	26					100%				
24	20									100%
25	38					100%				
26	48						100%			
27	68							100%		
28	43								100%	
29	22						100%			
30	31							100%		
31	44									100%
32	30									100%
Tempo total por operador (s)		96	112	85	98	103	109	99	89	94
Taxa de Ocupação		97%	114%	86%	100%	105%	111%	101%	90%	96%
Tempo de peça (minutos)	14,75									
Qtd peças a 100% de produtividade	275									
Tempo de ciclo ideal	98									
Tempo de estrangulamento	112									
Peças previstas	240									
Perdas	-34									

Tabela 49 - Balanceamento atual da equipa 43G - variante Black Pearl

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	23	100%								
2	28		100%							
3	23	100%								
4	28		100%							
5	23	100%								
6	26		100%							
7	23	100%								
8	26		100%							
9	27			100%						
10	27			100%						
11	40			100%						
12	62				100%					
13	42								100%	
14	32					100%				
15	19					100%				
16	32					100%				
17	18					100%				
18	25				100%					
19	18						100%			
20	21						100%			
21	41						100%			
22	20									100%
23	21							100%		
24	26							100%		
25	57							100%		
26	29								100%	
27	29								100%	
28	55									100%
29	20									100%
30	15							100%		
Tempo total por operador (s)		91	108	94	87	101	80	119	100	95
Taxa de Ocupação		94%	111%	97%	90%	104%	82%	122%	103%	98%
Tempo de peça (minutos)		14,58								
Qtd peças a 100% de produtividade		278								
Tempo de ciclo ideal		97								
Tempo de estrangulamento		119								
Peças previstas		227								
Perdas		-50								

Os resultados relativos à taxa de ocupação dos operadores obtidos a partir dos balanceamentos acima apresentados foram agrupados na Tabela 50, de modo a efetuar-se uma análise comparativa do aproveitamento do potencial dos operadores nas variantes produzidas na equipa 43G.

*Tabela 50 - Taxa de ocupação atual dos operadores da equipa 43G*

Equipa 43G									
Variante	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
KUNST	88%	119%	103%	95%	102%	107%	102%	87%	97%
D. STRIPE	92%	119%	95%	99%	104%	108%	102%	86%	95%
CROSS P.	97%	114%	86%	100%	105%	111%	101%	90%	96%
BLACK PEARL	94%	111%	97%	90%	104%	82%	122%	103%	98%

Tal como demonstra a Tabela 50, e em concordância com o que acontece com a variante *Stoff Dinamica* (Figura 29), as restantes variantes produzidas na equipa de produção 43G também apresentam um balanceamento desequilibrado. Nomeadamente na variante *Black Pearl*, a taxa de ocupação dos operadores apresenta grandes diferenças, sendo que entre o operador 6 e o operador 7 diferem 40 pp. Estes valores representam perdas de 39 segundos por ciclo de trabalho e pode corresponder a perdas produtivas de 50 capas de assento por turno.

De seguida, na Figura 72, é apresentado o *layout* de máquinas e o fluxo de peça atual para as variantes *Kunst*, *Double Stripe* e *Cross Punch*. A análise dos problemas evidenciados pelo *layout* são expostos na secção 4.3.3, na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

*Figura 72 - Layout e fluxo de peça da equipa 43G - variante Kunst, Double Stripe e Cross Punch*

## ANEXO VIII – AVALIAÇÃO RULA DO POSTO DE TRABALHO

Da mesma forma que para a tarefa 1, foram analisadas as posturas mais críticas para cada uma das tarefas realizadas durante o ciclo de trabalho da operadora 8. A Tabela 51, Tabela 52 e Tabela 53 dizem respeito à avaliação RULA da tarefa 2, 3 e 4, respectivamente. As posturas que foram alvo desta avaliação encontram-se na Figura 73, seguindo a ordem acima indicada.



Figura 73 - Posturas sujeitas a avaliação RULA – a) Tarefa 2; b) Tarefa 3; c) Tarefa 4

Tabela 51 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 2

Postura B – Pegar no TNT situado na caixa de cartão.			
Partes do corpo (lado direito)		Pontuações	Comentários
Grupo A	Braço	+3 +1 = +4	Abdução e flexão do braço entre 45 a 90°.
	Antebraço	+2 +1 = +3	Flexão do antebraço entre 0 a 60°, juntamente com o cruzamento com a linha central do corpo.
	Pulso	+1	Sem extensão significativa do pulso.
	Rotação do Pulso	+1	Ligeira rotação.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo A, a pontuação A é igual a 3.			
Grupo A	Utilização muscular	+1	Postura essencialmente estática.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo A (Pulso e Membro superior) = 3 + 1 + 0 = 4</b>			
Grupo B	Pescoço	+3	Flexão do pescoço mais de 20°.
	Tronco	+4	Flexão significativa do tronco em relação ao eixo, sem apoio.
	Pernas	+2	Postura instável
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo B a pontuação B é igual a 5.			
Grupo B	Utilização muscular	+0	Não relevante.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas) = 5 + 0 + 0 = 5</b>			
<b>Pontuação Final RULA = 5; conclui-se que devem ser efetuadas modificações em breve.</b>			

Tabela 52 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 3

Postura C – Aplicação do TNT na peça.			
Partes do corpo (lado direito)		Pontuações	Comentários
<b>Grupo A</b>	Braço	+2	Flexão do braço entre 15 a 45°.
	Antebraço	+2	Extensão do antebraço mais de 90°.
	Pulso	+2 +1 = +3	Pulso fletido lateralmente com extensão entre 0 a 20°.
	Rotação do Pulso	+1	Ligeira rotação.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo A, a pontuação A é igual a 3.			
<b>Grupo A</b>	Utilização muscular	+1	Posição repetida mais de 4 vezes por minuto.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo A</b> (Pulso e Membro superior) = 3 + 1 + 0 = <b>4</b>			
<b>Grupo B</b>	Pescoço	+3	Flexão do pescoço superior a 20°.
	Tronco	+2	Tronco mal apoiado com ligeira flexão.
	Pernas	+1	Posição adequada.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo B a pontuação B é igual a 2.			
<b>Grupo B</b>	Utilização muscular	+1	Posição repetida mais de 4 vezes por minuto.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo B</b> (Pescoço, Tronco e Pernas) = 2 + 1 + 0 = <b>3</b>			
<b>Pontuação Final RULA = 3; Pontuação indica que é necessário mais observação e poderá ser necessário introduzir alterações.</b>			



Tabela 53 - Avaliação RULA do posto de trabalho atual - Tarefa 4

Postura D – Pegar na peça proveniente do posto de trabalho anterior.			
Partes do corpo (lado esquerdo)		Pontuações	Comentários
Grupo A	Braço	+3 +1 = +4	Abdução e extensão completa do braço.
	Antebraço	+2 +1 = +3	Flexão do antebraço entre 0 a 60° e trabalho em posição lateral.
	Pulso	+2	Extensão do pulso entre 0 a 20°.
	Rotação do Pulso	+1	Ligeira rotação.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo A, a pontuação A é igual a 4.			
Grupo A	Utilização muscular	+1	Não relevante.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo A (Pulso e Membro superior) = 4 + 0 + 0 = 4</b>			
Grupo B	Pescoço	+3	Flexão do pescoço superior a 20°.
	Tronco	+2 +1 = +3	Tronco mal apoiado com ligeira flexão e inclinação lateral.
	Pernas	+1	Posição adequada.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo B a pontuação B é igual a 3.			
Grupo B	Utilização muscular	+0	Não relevante.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas) = 3 + 0 + 0 = 3</b>			
<b>Pontuação Final RULA = 3; Pontuação indica que é necessária mais observação e poderá ser necessário introduzir alterações.</b>			

Após a obtenção da pontuação RULA para cada uma das tarefas executadas por esta operadora, através da Equação 3 obteve-se o RULA ponderado da operadora nº8, que é apresentado de seguida.

$$RULA\ PONDERADO = \frac{\sum Ri * Ti}{\sum Ti} \quad (3)$$

Sendo que:

- R = pontuação RULA;
- T = tempo de execução de cada tarefa durante um turno de trabalho;

Deste modo, a equação utilizada para o cálculo foi a seguinte:

$$RULA\ PONDERADO = \frac{7(8 * 24,5 * 7,5) + 5(10 * 24,5 * 7,5) + 3(122 * 24,5 * 7,5) + 3(7 * 24,5 * 7,5)}{(8 * 24,5 * 7,5) + (10 * 24,5 * 7,5) + (122 * 24,5 * 7,5) + (7 * 24,5 * 7,5)}$$

A pontuação final do RULA ponderado foi de 3,4.

## ANEXO IX – ESTUDO DE TEMPOS

O estudo de tempos é uma técnica que consiste em registrar os tempos e as demais condições da execução de uma determinada tarefa e obter o tempo de execução a um nível de rendimento bem definido. Para além das tarefas definidas para o ciclo de trabalho em observação, podem ser registados outros fatores, tais como as condições de trabalho, ocorrências irregulares, etc., com eventual interferência nos tempos de execução (Costa & Arezes, 2003).

O número mínimo de medições é dado pela Equação 4:

$$N' = \left( \frac{Z * s}{\epsilon * m} \right)^2 \quad (4)$$

Z, valor da tabela da distribuição normal,

s, desvio padrão da amostra,

$\epsilon$ , precisão da amostra,

m, média.

Para a realização deste estudo optou-se por um nível de confiança de 90% uma vez se tratar de um trabalho com alguma variabilidade (diferenças entre projetos e nos tamanhos das OF). Deste modo, o grau de precisão da amostra será de  $\pm 10\%$ , e o valor de  $Z = 1,645$ .

Primeiramente, através da observação do ciclo de trabalho dos operadores definiram-se as tarefas que serão alvo do estudo. Na Tabela 54 são apresentadas as cinco tarefas consideradas fundamentais para o trabalho dos distribuidores.

*Tabela 54 - Lista de tarefas dos distribuidores*

Tarefas	Descrição
1	Procurar localização das OF's no sistema
2	Deslocamento com a carruagem até às <i>racks</i> que contém as OF's
3	Abastecer os três níveis da carruagem
4	Deslocamento até ao computador
5	Imprimir etiquetas para dar saída dos materiais da zona de semi-acabado

Inicialmente foram realizadas 10 cronometragens a cada uma das tarefas acima identificadas, 5 em cada turno. O resultado desta amostragem apresentam-se na Tabela 55, juntamente com os dados necessários para o cálculo do número mínimo de medições ( $N'$ ).

Tabela 55 - Número mínimo de medições - Estudo de Tempos

Tarefa	m (seg)	Média do FA	Média do Tempo Normalizado (seg)	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	N'
1	119	94	111	18,36	7
2	68	96	65	11,87	9
3	142	93	131	20,16	6
4	29	93	26	4,71	8
5	238	98	232	15,61	7

No estudo de tempos deve-se prever um complemento de tempo para permitir repousar e compensar a fadiga. Neste caso, foram adicionadas correções variáveis e correções por ocorrências irregulares, detetadas aquando da cronometragem das tarefas. O cálculo das correções finais e a obtenção do Tempo Padrão de cada tarefa é obtido através da Equação 5 e da Equação 6, respetivamente.

$$\bullet \sum C_i = C_R + C_{DI} \quad (5)$$

$$\bullet TP = TN_i \times (1 + \sum C_i) \quad (6)$$

De modo a obter o tempo padrão para cada uma das tarefas, procedeu-se ao cálculo das correções variáveis (Tabela 56), com o auxílio da Tabela de correções variáveis baseadas num sistema de atribuição de pontos em função das condições de trabalho (Costa & Arezes, 2003).

Tabela 56 - Correções variáveis

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	C5	C6	TOTAL	% Correção repouso
Tarefa 1	0	4	0	0	0	0	5	0	2	3	1	0	1	1	0	17	12%
Tarefa 2	0	6	0	0	0	1	5	0	2	3	1	0	1	1	0	20	13%
Tarefa 3	3	12	0	4	0	5	5	0	2	3	1	0	1	1	0	37	18%
Tarefa 4	32	6	0	0	0	1	5	0	2	3	1	0	1	1	0	52	25%
Tarefa 5	0	4	0	0	0	7	5	0	2	3	1	0	1	1	0	24	14%

De igual modo, foram calculadas as ocorrências irregulares que foram observadas aquando da realização das tarefas definidas. No conjunto de observações realizado, verificou-se a existência de 3 ocorrências irregulares, isto é, acontecimentos que provocaram uma paragem no trabalho dos distribuidores. Durante a execução da tarefa 1 verificou-se a espera por carruagens, enquanto na tarefa 2 observou-se conversa entre distribuidores. Na tarefa 3, os operadores depararam-se com a falta de imagens de base nas OF's procuradas no sistema, pelo que necessitaram de realizar o procedimento outra vez. Para o cálculo das correções associadas a estes tempos foi realizada uma ponderação dos tempos não produtivos, em relação ao tempo total das medições. Com base no valor desta proporção, é possível estimar o tempo gasto por dia com este tipo de ocorrências.

Os resultados das correções finais são apresentadas na Tabela 57, juntamente com o tempo padrão das tarefas mencionadas.

*Tabela 57 - Tempo Padrão obtido através do Estudo de Tempos*

<b>Tarefa</b>	<b>Tempo Normalizado (min)</b>	<b>Correções finais</b>	<b>Tempo Padrão (min)</b>
1	1,9	17,5%	2,17
2	1,1	33,8%	1,45
3	2,2	28,9%	2,81
4	0,4	25,0%	0,54
5	3,9	14,0%	4,41
		<b>TOTAL</b>	<b>11,39</b>

Através dos dados fornecidos pela Tabela 57 conclui-se que cada distribuidor demora aproximadamente 11,39 minutos a abastecer os três níveis da carruagem com SA, o que significa que o Tempo Padrão da preparação de 1 OF é de aproximadamente 3,8 minutos.

## ANEXO X – DADOS RELEVANTES PARA A APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO DE NIOSH NO ARMAZÉM DOS PEQUENOS MATERIAIS

*Tabela 58 - Dimensões do carrinho de abastecimento atual dos pequenos materiais*

	Altura (cm)	Profundidade (cm)	Largura (m)
1º nível	13	62	40
2º nível	47	62	40
3º nível	75	62	40

A estrutura de armazenagem presente na Figura 36 encontra-se dividida em três níveis para colocação de caixas. As caixas presentes em cada nível possuem dimensões diferentes Tabela 59, sendo que a caixa 1 corresponde às caixas situadas no primeiro nível da estrutura, e assim sucessivamente até ao último nível.

*Tabela 59 - Dimensão das caixas de cartão com pequenos materiais*

	Dimensão (cm)	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Altura da pega (cm)
Caixa 1	55 x 39 x 26	55	39	26	10
Caixa 2	51 x 33 x 21	51	33	21	10
Caixa 3	43 x 17 x 17	43	17	17	8

Os inputs recolhidos para a manipulação manual de cargas (caixas) desde o armazém dos pequenos materiais até ao 2º nível do carrinho de abastecimento são apresentados na Tabela 60, e o PLR e o IE estão ilustrados na Tabela 61.

*Tabela 60 - Equação de NIOSH - Inputs recolhidos para o nível intermédio do carrinho de abastecimento*

Nº da tarefa	Variáveis					
	H	V	D	A	MP	MF
1	41,5	233	186	90	0,9	0,85
2	41,5	199	152	90	0,9	0,85
3	45,5	169	122	90	0,9	0,85
4	45,5	127	80	90	0,9	0,85
5	47,5	78	31	90	0,9	0,85
6	47,5	26	21	90	0,9	0,85

Por análise da Tabela 60, verifica-se que apenas a variável D (distância vertical percorrida desde o ponto de início da elevação até ao final) é modificada com a alteração da posição final da carga, pelo que todos os outros multiplicadores permanecem iguais. O resultado da Equação de NIOSH para a MMC desde as

prateleiras para o 2º nível do carrinho de abastecimento (Tabela 61) apresentam risco de LMERT para a maioria dos trabalhadores em duas das seis tarefas identificadas.

*Tabela 61 - PLR e IE das tarefas de manipulação manual de cargas para o nível intermédio do carrinho*

Nº da tarefa	PLR	Peso da carga	IE	Comentários
1	3,35	4	1,19	Risco para alguns trabalhadores
2	4,03	4	0,99	Ausência de risco
3	4,23	10,77	2,54	Risco para alguns trabalhadores
4	5,09	10,77	2,12	Risco para alguns trabalhadores
5	6,31	21,42	3,40	Risco para a maioria dos trabalhadores
6	5,82	21,42	3,68	Risco para a maioria dos trabalhadores

O mesmo procedimento foi realizado para o nível inferior do carrinho de abastecimento, sendo que os *inputs* recolhidos para determinar as variáveis e o resultado da Equação de NIOSH são apresentados na Tabela 62 e Tabela 63, respetivamente.

*Tabela 62 - Equação de NIOSH - Inputs recolhidos para o nível inferior do carrinho de abastecimento*

Nº da tarefa	Variáveis					
	H	V	D	A	MP	MF
1	41,5	233	220	90	0,9	0,85
2	41,5	199	186	90	0,9	0,85
3	45,5	169	156	90	0,9	0,85
4	45,5	127	114	90	0,9	0,85
5	47,5	78	65	90	0,9	0,85
6	47,5	26	13	90	0,9	0,85

*Tabela 63 - PLR e IE das tarefas de manipulação manual de cargas para o nível inferior do carrinho*

Nº da tarefa	PLR	Peso da carga	IE	Comentários
1	3,34	4	1,20	Risco para alguns trabalhadores
2	4,00	4	1,00	Ausência de risco
3	4,20	10,77	2,57	Risco para alguns trabalhadores
4	4,99	10,77	2,16	Risco para alguns trabalhadores
5	5,81	21,42	3,69	Risco para a maioria dos trabalhadores
6	6,56	21,42	3,27	Risco para a maioria dos trabalhadores

## ANEXO XI – BALANCEAMENTOS IMPLEMENTADOS NA EQUIPA 43H E 43G

Os balanceamentos propostos para a sobreposição de todas as variantes *Sport*, no mesmo *layout* operacional das equipas 43H e 43G, é apresentado de seguida. Juntamente com os balanceamentos, apresentam-se ainda outros indicadores importantes para a eficiência do sistema, como o tempo de ciclo ideal e o tempo de estrangulamento. Adicionalmente, equacionou-se a realização de um estudo de tempos aquando da realização dos balanceamentos *standard*, mas em conjunto com a empresa decidiu-se que este estudo poderia não ser uma mais valia. Isto porque revelou-se a necessidade de formar colaboradores em operações específicas, pelo que o seu potencial de crescimento é considerável e os tempos poderiam ficar medidos com pouco rigor. Assim, para a realização dos balanceamentos propostos teve-se em conta os tempos do simulador de costura fornecidos pela empresa.

Tabela 64 - Balanceamento implementado - Variante Yours

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
13	29		100%							
14	36		100%							
15	33	100%								
16	32	100%								
17	25			100%						
18	30			100%						
19	29		100%							
20	36		100%							
21	33	100%								
22	32	100%								
23	25			100%						
24	30			100%						
25	25				100%					
26	25				100%					
27	15							100%		
28	15							100%		
29	32							100%		
30	10							100%		
31	10							100%		
32	20						100%			
33	20						100%			
34	18						100%			
35	25									100%
36	54						100%			
37	30						100%			
38	129					100%				

Tabela 65 - Balanceamento implementado - Variante Yours (continuação)

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
39	57								100%	
40	35								100%	
41	28							100%		
42	28							100%		
43	10			100%						
44	10			100%						
45	36				100%					
46	28				100%					
47	28				100%					
48	20								100%	
49	20								100%	
50	18									100%
51	18									100%
52	15									100%
53	64									100%
Tempo total por operador (s)		130	130	131	142	129	142	138	132	139
Taxa de Ocupação		96%	96%	97%	105%	96%	105%	102%	98%	103%
Tempo de peça (minutos)		20,21								
Qtd peças a 100% de produtividade		200								
Tempo de ciclo ideal		135								
Tempo de estrangulamento		142								
Peças previstas		190								
Perdas		10								



Tabela 66 - Balanceamento implementado - Variante Chester e Lounge

Nº Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
9	25		100%							
10	33		100%							
11	26	100%								
12	35	100%								
13	24			100%						
14	29			100%						
15	10			100%						
16	25		100%							
17	33		100%							
18	26	100%								
19	35	100%								
20	24			100%						
21	29			100%						
22	10			100%						
23	15				100%					
24	15				100%					
25	12							100%		
26	12							100%		
27	26							100%		
28	18						100%			
29	14						100%			
30	14						100%			
31	43						100%			
32	29						100%			
33	18									100%
34	14							100%		
35	14							100%		
36	117					100%				
37	52								100%	
38	29								100%	
39	24							100%		
40	24							100%		
41	32				100%					
42	30				100%					
43	30				100%					
44	18								100%	
45	18								100%	
46	12									100%
47	12									100%
48	17									100%
49	61									100%
Tempo total por operador (s)		122	116	126	122	117	119	126	117	120
Taxa de Ocupação		101%	96%	104%	101%	97%	99%	104%	97%	100%

*Tabela 67 - Balanceamento implementado - Variante Chester e Lounge (continuação)*

Tempo de peça (minutos)	18,09
Qtd peças a 100% de produtividade	224
Tempo de ciclo ideal	121
Tempo de estrangulamento	126
Peças previstas	214
Perdas	10

Tabela 68 - Balanceamento implementado - Variante Kunst

N° Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	19	100%								
2	28	100%								
3	19	100%								
4	28	100%								
5	21		100%							
6	24		100%							
7	20		100%							
8	27		100%							
9	36			100%						
10	57					100%				
11	38					100%				
12	18						100%			
13	25						100%			
14	20						100%			
15	23						100%			
16	17							100%		
17	20							100%		
18	35							100%		
19	22							100%		
20	20									100%
21	35			100%						
22	39			50%	50%					
23	66				100%					
24	40								100%	
25	20								100%	
26	26								100%	
27	45									100%
28	22									100%
Tempo total por operador (s)		94	92	91	86	95	85	94	86	87
Taxa de Ocupação		104%	102%	101%	95%	106%	95%	104%	96%	97%
Tempo de peça (minutos)	13,49									
Qtd peças a 100% de produtividade	300									
Tempo de ciclo ideal	90									
Tempo de estrangulamento	95									
Peças previstas	283									
Perdas	17									

Tabela 69 - Balanceamento implementado - Variante Double Stripe

N° Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	20	100%								
2	28	100%								
3	20	100%								
4	28	100%								
5	21		100%							
6	26		100%							
7	22		100%							
8	26		100%							
9	38			100%						
10	48					100%				
11	40					100%				
12	18						100%			
13	34						100%			
14	18						100%			
15	20						100%			
16	18							100%		
17	18							100%		
18	36							100%		
19	24							100%		
20	20									100%
21	34			100%						
22	40			50%	50%					
23	66				100%					
24	38								100%	
25	22								100%	
26	26								100%	
27	45									100%
28	21									100%
Tempo total por operador (s)		96	95	92	86	88	90	96	86	86
Taxa de Ocupação		106%	105%	102%	95%	98%	99%	106%	95%	95%
Tempo de peça (minutos)		13,59								
Qtd peças a 100% de produtividade		298								
Tempo de ciclo ideal		91								
Tempo de estrangulamento		96								
Peças previstas		281								
Perdas		17								

Tabela 70 - Balanceamento implementado - Variante Cross Punch

N° Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
5	23	100%								
6	29	100%								
7	23	100%								
8	29	100%								
9	25		100%							
10	27		100%							
11	25		100%							
12	27		100%							
13	40			100%						
14	45					100%				
15	46					100%				
16	20						100%			
17	35						100%			
18	20						100%			
19	23						100%			
20	20							100%		
21	20							100%		
22	38							100%		
23	26							100%		
24	20									100%
25	38			100%						
26	48			50%	50%					
27	68				100%					
28	43								100%	
29	22								100%	
30	31								100%	
31	44									100%
32	30									100%
Tempo total por operador (s)		104	104	102	92	91	98	104	96	94
Taxa de Ocupação		106%	106%	104%	94%	93%	100%	106%	98%	96%
Tempo de peça (minutos)	14,75									
Qtd peças a 100% de produtividade	275									
Tempo de ciclo ideal	98									
Tempo de estrangulamento	104									
Peças previstas	259									
Perdas	16									

Tabela 71 - Balanceamento implementado - Variante Stoff Dinamica

N° Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	22	100%								
2	29	100%								
3	22	100%								
4	29	100%								
5	23		100%							
6	26		100%							
7	23		100%							
8	26		100%							
9	25			100%						
10	25			100%						
11	42			100%						
12	59				100%					
13	42								100%	
14	33				100%					
15	18						100%			
16	32						100%			
17	18						100%			
18	24						100%			
19	20							100%		
20	19							100%		
21	20									100%
22	38							100%		
23	23							100%		
24	26					100%				
25	58					100%				
26	36								100%	
27	24								100%	
28	56									100%
29	19									100%
30	12					100%				
Tempo total por operador (s)		102	97	92	92	97	93	100	102	95
Taxa de Ocupação		106%	101%	95%	95%	100%	96%	104%	106%	98%
Tempo de peça (minutos)		14,50								
Qtd peças a 100% de produtividade		279								
Tempo de ciclo ideal		97								
Tempo de estrangulamento		102								
Peças previstas		264								
Perdas		16								

Tabela 72 - Balanceamento implementado - Variante Black Pearl

N° Operação	Tempo de operação normalizado (s)	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
1	23	100%								
2	28	100%								
3	23	100%								
4	28	100%								
5	23		100%							
6	26		100%							
7	23		100%							
8	26		100%							
9	27			100%						
10	27			100%						
11	40			100%						
12	62				100%					
13	42								100%	
14	32				100%					
15	19						100%			
16	32						100%			
17	18						100%			
18	25						100%			
19	18							100%		
20	21							100%		
21	41							100%		
22	20									100%
23	21							100%		
24	26					100%				
25	57					100%				
26	29								100%	
27	29								100%	
28	55									100%
29	20									100%
30	15					100%				
Tempo total por operador (s)		102	97	94	94	98	94	101	100	95
Taxa de Ocupação		105%	100%	97%	97%	101%	97%	104%	103%	98%
Tempo de peça (minutos)		14,58								
Qtd peças a 100% de produtividade		278								
Tempo de ciclo ideal		97								
Tempo de estrangulamento		102								
Peças previstas		265								
Perdas		13								

Pela análise dos balanceamentos implementados nas células de produção em estudo, verifica-se que as taxas de ocupação dos operadores não apresentam muitas discrepâncias entre si. O tempo de estrangulamento baixou consideravelmente em todas as variantes, pelo que as perdas associadas à falta do aproveitamento humano foram reduzidas significativamente. Em jeito de resumo, na Tabela 73 apresentam-se as taxas de ocupação dos operadores para as variantes *Sport* do AF Mini F60.

*Tabela 73 - Taxa de ocupação dos operadores segundo os balanceamentos implementados*

Equipas AF <i>Sport</i> Mini F60									
Variante	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9
KUNST	104%	102%	101%	95%	106%	95%	104%	96%	97%
D. STRIPE	106%	105%	102%	95%	98%	99%	106%	95%	95%
CROSS P.	106%	106%	104%	94%	93%	100%	106%	98%	96%
BLACK PEARL	106%	101%	95%	95%	100%	96%	104%	106%	98%
STOFF DINAMICA	105%	100%	97%	97%	101%	97%	104%	103%	98%
YOURS	96%	96%	97%	105%	96%	105%	102%	98%	103%
CHESTER/LOUNGE	101%	96%	104%	101%	97%	99%	104%	97%	100%



## ANEXO XII – NOVO LAYOUT DE MÁQUINAS E FLUXO DE PEÇA PARA AS EQUIPAS 43H E 43G

Na Figura 74 é apresentado o novo *layout* de máquinas e fluxo de peça para as variantes *Kunst*, *Cross Punch*, *Black Pearl* e *Stoff Dinamica*.

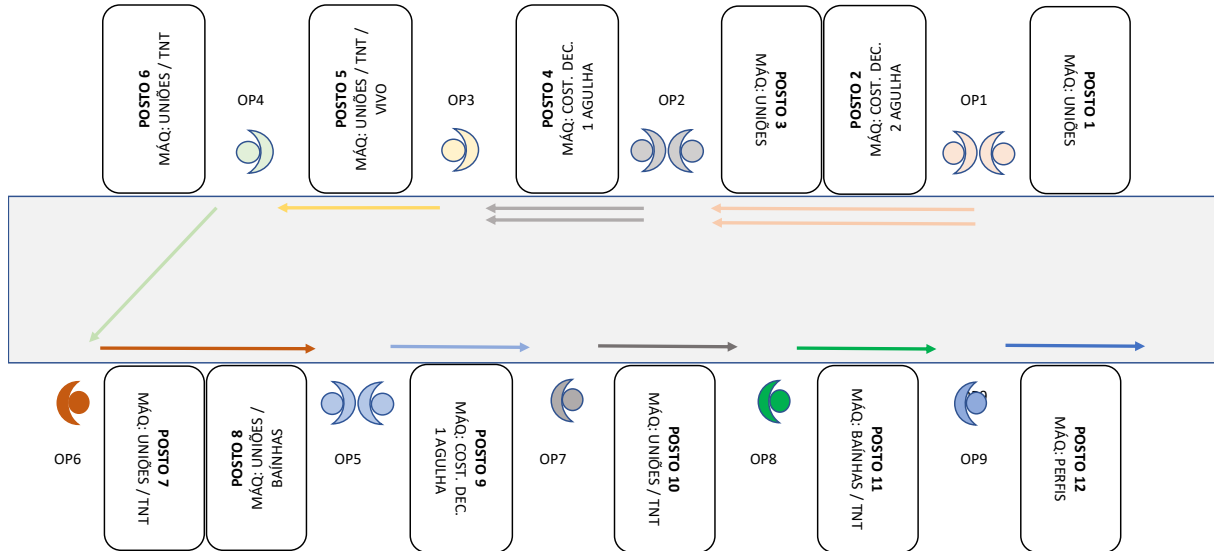


Figura 74 - Novo layout e fluxo de peça - variante *Double Stripe*, *Kunst*, *Cross Punch*, *Black Pearl* e *Stoff Dinamica*

### ANEXO XIII – FOLHAS DE *STANDARD WORK* RELATIVAS ÀS EQUIPAS DE PRODUÇÃO 43H E 43G

De seguida serão apresentadas as folhas de trabalho normalizado relativas às equipas de produção 43H e 43G, com a identificação da sequência de operações a realizar em cada posto de trabalho, para a variante AF *Sport Yours* Mini F60.

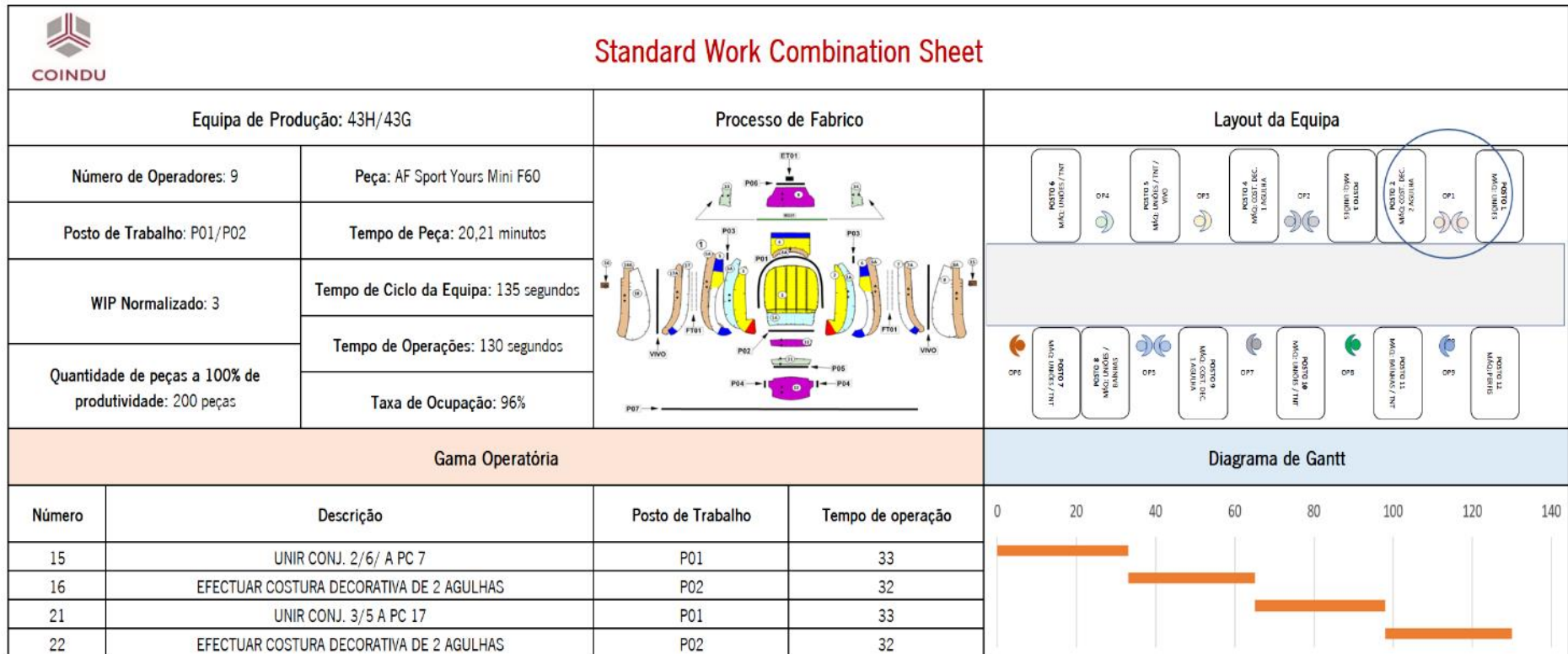


Figura 75 - Folha de standard work (P01/P02)



## Standard Work Combination Sheet

Equipa de Produção: 43H/43G		Processo de Fabrico		Layout da Equipa	
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60				
Posto de Trabalho: P03/P04	Tempo de Peça: 20,21 minutos				
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos				
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 130 segundos				
		Taxa de Ocupação: 96%		Diagrama de Gantt	
Gama Operatória					
Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação		
13	UNIR PC 2 A PC 6	P03	29		
14	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA	P04	36		
19	UNIR PC 3 APC 5	P03	29		
20	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA	P04	36		

Figura 76 - Folha de standard work (P03/P04)

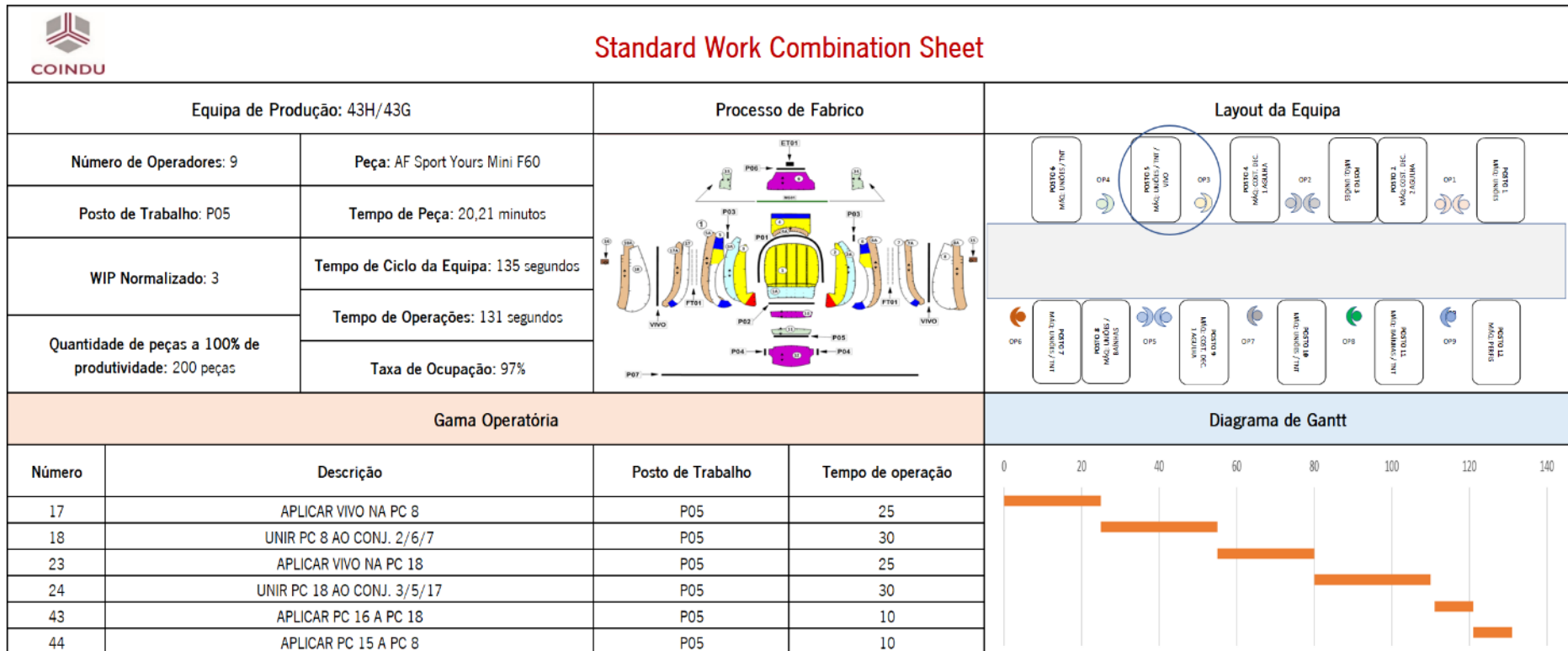


Figura 77 - Folha de standard work (P05)



## Standard Work Combination Sheet

Equipa de Produção: 43H/43G		Processo de Fabrico		Layout da Equipa	
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60				
Posto de Trabalho: P06	Tempo de Peça: 20,21 minutos				
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos				
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 142 segundos				
		Taxa de Ocupação: 105%		Diagrama de Gantt	
Gama Operatória					
Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação		
25	UNIR CONJ. 3/5/17/18 A PC 4	P06	25		
26	UNIR CONJ. 3/5/17/18 /4 AO CONJ.2/6/7/8	P06	25		
45	UNIR PC 9 AO CONJ. CENTRAL COM ETIQUETA ET01 EM SIMULTANEO	P06	36		
46	UNIR PC 13 AO CONJ. CENTRAL	P06	28		
47	UNIR PC 14 AO CONJ. CENTRAL	P06	28		

Figura 78 - Folha de standard work (P06)



## Standard Work Combination Sheet

Equipa de Produção: 43H/43G		Processo de Fabrico		Layout da Equipa											
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60			POSTO 9 MAG. UNIDES / TRF	CP4	POSTO 5 MAG. UNIDES / TRF / VIVO	CP3	POSTO 8 MAG. COST. DEC. 1. MAGLINA	CP7	SEMI-TOYIN F. OLSON	POSTO 2 MAG. COST. DEC. 2. BORDINA	CP1	POSTO 1 MAG. UNIDES		
Posto de Trabalho: P07	Tempo de Peça: 20,21 minutos														
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos														
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 129 segundos														
	Taxa de Ocupação: 96%														
Gama Operatória				Diagrama de Gantt											
Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação	0      20      40      60      80      100      120      140											
38	UNIR O CONJ. 2/3/4/5/6/7/8/17/18 A PC 1	P07	129												

Figura 79 - Folha de standard work (P07)



## Standard Work Combination Sheet

Equipa de Produção: 43H/43G		Processo de Fabrico		Layout da Equipa	
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60				
Posto de Trabalho: P08/P09	Tempo de Peça: 20,21 minutos				
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos				
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 142 segundos				
		Taxa de Ocupação: 105%		Diagrama de Gantt	
Gama Operatória		Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação
		32	UNIR PC 10 APC 11	P08	20
		33	EFETUAR BAINHAS NO CONJ. 10/11(1X)	P08	20
		34	EFETUAR BAINHAS NO CONJ. 10/11(2X)	P08	18
		36	UNIR PC 10/ 11 A PC 1	P08	54
		37	EFFECTUAR COSTURA DECORATIVA DE 1 AGULHA	P09	30

Figura 80 - Folha de standard work (P08/P09)



## Standard Work Combination Sheet

Equipa de Produção: 43H/43G		Processo de Fabrico		Layout da Equipa	
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60				
Posto de Trabalho: P10	Tempo de Peça: 20,21 minutos				
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos				
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 138 segundos				
		Taxa de Ocupação: 102%			
Gama Operatória				Diagrama de Gantt	
Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação		
27	APLICAR TNT P03(1X)	P10	15		
28	APLICAR TNT P03(2X)	P10	15		
29	UNIR PC 12 A PC 1	P10	32		
30	APLICAR TNT P04 NA PC 12(1X)	P10	10		
31	APLICAR TNT P04 NA PC 12(2X)	P10	10		
41	UNIR (FECHAR) PC 12 AO CONJ, CENTRAL(1X)	P10	28		
42	UNIR (FECHAR) PC 12 AO CONJ, CENTRAL(2X)	P10	28		

Figura 81 - Folha de standard work (P10)





## Standard Work Combination Sheet

Equipa de Produção: 43H/43G		Processo de Fabrico		Layout da Equipa	
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60				
Posto de Trabalho: P11	Tempo de Peça: 20,21 minutos				
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos				
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 132 segundos				
		Taxa de Ocupação: 98%		Diagrama de Gantt	
Gama Operatória					
Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação	0 20 40 60 80 100 120 140	
39	APLICAR TNT P01	P11	57		
40	APLICAR TNT P02	P11	35		
48	EFFECTUAR BAINHA NO CONJ.CENTRAL(1X)	P11	20		
49	EFFECTUAR BAINHA NO CONJ.CENTRAL(2X)	P11	20		

Figura 82 - Folha de standard work (P11)



## Standard Work Combination Sheet

<b>Equipa de Produção: 43H/43G</b>		<b>Processo de Fabrico</b>		<b>Layout da Equipa</b>	
Número de Operadores: 9	Peça: AF Sport Yours Mini F60				
Posto de Trabalho: P12	Tempo de Peça: 20,21 minutos				
WIP Normalizado: 3	Tempo de Ciclo da Equipa: 135 segundos				
Quantidade de peças a 100% de produtividade: 200 peças	Tempo de Operações: 139 segundos				
		<b>Gama Operatória</b>		<b>Diagrama de Gantt</b>	
Número	Descrição	Posto de Trabalho	Tempo de operação		
35	APLICAR PERFIL P05 NA PC 11	P12	25		
50	APLICAR MANGA (MG01)(1X)	P12	18		
51	APLICAR MANGA (MG01)(2X)	P12	18		
52	APLICAR PERFIL P06	P12	15		
53	APLICAR PERFIL P07	P12	64		

*Figura 83 - Folha de standard work (P12)*

## ANEXO XIV – AVALIAÇÃO RULA DO NOVO POSTO DE TRABALHO COM PEQUENOS MATERIAIS

Tabela 74 - Avaliação RULA do novo posto de trabalho de aplicação dos pequenos materiais

Postura E- Pegar no TNT situado na prateleira.			
Partes do corpo (lado esquerdo)		Pontuações	Comentários
Grupo A	Braço	+3	Flexão do braço entre 45 a 90°.
	Antebraço	+2	Flexão do antebraço entre 0 a 60°.
	Pulso	+1	Sem extensão significativa do pulso.
	Rotação do Pulso	+1	Ligeira rotação.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo A, a pontuação A é igual a 2.			
Grupo A	Utilização muscular	+1	Postura essencialmente estática.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo A (Pulso e Membro superior) = 2 + 1 + 0 = 3</b>			
Grupo B	Pescoço	+1	Flexão do pescoço entre 0 e 10°.
	Tronco	+2	Tronco sem apoio enquanto sentado.
	Pernas	+1	Postura estável.
Combinando as pontuações das posições dos segmentos corporais do Grupo B a pontuação B é igual a 1.			
Grupo B	Utilização muscular	+1	Postura essencialmente estática.
	Carga/força	+0	Não relevante.
<b>Pontuação Final do Grupo B (Pescoço, Tronco e Pernas) = 1 + 1 + 0 = 2</b>			
<b>Pontuação Final RULA = 3; Pontuação indica que é necessário mais observação e poderá ser necessário introduzir alterações.</b>			

## ANEXO XV – CAPACIDADE DA CAIXA *STANDARD* E QUANTIDADE DE CAIXAS NO POSTO DE TRABALHO

Os pequenos materiais aplicados nas variantes da peça AF *Sport* Mini F60 variam consideravelmente no que diz respeito às suas dimensões. Estes foram divididos em três escalas: pequenos, médios e grandes. Os pequenos vão entre os 2 e os 10 centímetros, os médios vão até aos 50 centímetros e os grandes a partir desse valor. Para ser exequível a implementação de bordos de linha, como mencionado na secção 5.2.5, torna-se necessário retirar deste estudo os pequenos materiais de grande dimensão.

Posto isto, as dimensões da caixa *standard* são 0,5m (comprimento) x 0,11m (largura) x 0,09m (altura), que está representada na Figura 84.



*Figura 84 - Caixa standard*

Para definir a capacidade máxima de cada tipo de material a colocar na caixa, procedeu-se à realização de testes no chão de fábrica recorrendo ao método da pesagem. Este método consistiu em três pesagens: pesagem da caixa vazia, pesagem da caixa com 30 materiais de cada tipo e pesagem da caixa com materiais até cima. Deste modo, efetuando uma regra de três simples obtêm-se a quantidade máxima a armazenar.

Na Tabela 75 é apresentada a quantidade de caixas para cada componente, juntamente com os outros dados da Equação 1, enunciada na secção 5.3. Ainda nesta tabela encontram-se os agrupamentos de variantes que aplicam os mesmos pequenos materiais, de modo a reduzir o número de *setups*.

Tabela 75 - Sistema de "duas caixas" (parâmetros a quantificar)

Variantes em que são aplicados	REFERÊNCIA	QTD/PEÇA	Capacidade da caixa (Q)	Procura diária (P)	Lead Time (dias)	Número de caixas	Frequência de abastecimento
Perfis rígidos (todas as variantes)	128I1XXX08786	1	200	350	0,03	2	8
	128I1XXX08794	1	115	350	0,03	2	4,6
Todas as variantes	128I1XXX08812	2	750	700	0,03	2	30
	129I1XXX08185	1	130	350	0,03	2	5,2
CROSS P. + DOUBLE S. + KUNST + B. PEARL	129I1XXX08181	2	492	700	0,03	2	19,7
LOUNGE + YOURS + CHESTER	128I1XXX08810	2	398	700	0,03	2	15,9
STOFF DINAMICA	128I1XXX08808	2	505	700	0,03	2	20,2
Manga (todas as variantes)	215I1XXX0201501	1	300	350	0,03	2	12

Na última coluna da Tabela 75, apresenta-se a frequência de abastecimento por componente. O material que necessita de um número maior de abastecimentos por parte do armazém dos pequenos materiais é a referência 128I1XXX08794, que carece de um abastecimento de 4,6 em 4,6 horas para não entrar em rutura por falta de material. Deste modo, os distribuidores têm de garantir que a equipa 43G é abastecida 2 vezes por turno de trabalho e, sendo este o caso mais crítico, a frequência de abastecimento da célula de produção tem que ser múltipla de quatro horas para não existir o risco de entrar em rutura por falta de material.

Na coluna "REFERÊNCIA" presente na Tabela 75, os componentes assinalados a amarelo representam os componentes que diferem entre as variantes assinaladas. Deste modo, foram definidos três grupos de variantes que aplicam exatamente os mesmos pequenos materiais na peça, como descrito na secção 5.3.1.

## ANEXO XVI – FÓRMULAS EXCEL UTILIZADAS PARA A CRIAÇÃO DA FERRAMENTA DE CONTROLO

Na Coindu, cada IB possui um código de peça distinto, composto por caracteres alfanuméricos. Neste caso, os cinco primeiros caracteres alfanuméricos que constituem o código de peça de cada artigo são referentes ao modelo de produção a que pertencem, por exemplo, Mini F60, Lamborghini, Audi Q7, etc. Os dados extraídos do SIAP são fornecidos com esta configuração, pelo que foi necessário traduzir o código de peça para o nome do modelo de produção, de modo a obter uma melhor perceção acerca dos modelos mais problemáticos. As fórmulas utilizadas para a obtenção deste resultado encontram-se na Tabela 76, cujo resultado é apresentado na Figura 52 e na Figura 53.

*Tabela 76 - Fórmula utilizada para obter o nome do modelo de produção de cada peça*

<b>COD MODELO</b>	SE.ERRO(ESQUERDA(C7;5);"")
<b>MODELO</b>	SE(H7="20713";"A8";SE(H7="23701";"LB";SE(H7="20705";"Q7";SE(H7="20708";"AB3";SE(OU(H7="201T0";H7="201I0");"F57";SE(OU(H7="201C6";H7="201C2";H7="20711";"A1";SE(H7="20706";"TT";SE(H7="23103";"F60";""))))))))