





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mariana Esteves Menezes

**Melhoria do desempenho na secção de
braiding usando princípios *Lean Thinking* e
Manutenção Produtiva Total numa empresa
de produção de cablagens**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da(s)

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Professora Doutora Isabel Silva Lopes

Outubro de 2019

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-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram de algum modo para o desenvolvimento deste projeto.

Às minhas orientadoras, Doutora Anabela Carvalho e Doutora Isabel Lopes, por toda a disponibilidade, ajuda, orientação e partilha de conhecimento ao longo do desenvolvimento deste projeto de dissertação.

À Leoni Portugal, a empresa que me acolheu e me proporcionou muitos momentos de aprendizagem profissional, mas também de camaradagem. Aos Engenheiros Rui Filipe e Herculano Fernandes pela orientação do projeto na empresa e por acreditarem em mim e nas minhas ideias. A toda a equipa do Segmento 3 (Bela, Paula, Márcia, Ana, Marta, Sílvia, João, Daniel) que me acolheu e me auxiliou sempre que precisei. Aos meus colegas de estágio – Diana, Cláudia, João e Ricardo - um obrigada pelos momentos de descontração e de apoio durante este período.

Às minhas amigas, Daniela e Telma, pela paciência e por acreditarem em mim aos longo destes anos todos. A todos os meus amigos, peço desculpa por todos os cafés, jantares, saídas e momentos importantes a que faltei.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial aos meus pais porque sem eles a concretização deste sonho não era possível.

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 desenvolvida no âmbito do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho e é o resultado de um projeto desenvolvido em ambiente industrial. O foco desta dissertação foi a melhoria do desempenho da secção de *braiding* com a aplicação dos princípios *Lean Thinking* e da Manutenção Produtiva Total, na Leoni Portugal, situada em São Cláudio de Barco, na cidade de Guimarães.

A metodologia de investigação que serviu de base para o desenvolvimento deste projeto é a investigação-ação, porque se foca na investigação em ação e pressupõe o envolvimento do investigador com intervenientes e colaboradores.

Assim, a dissertação iniciou-se com a revisão bibliográfica acerca de *Lean Production* na qual foi feita uma contextualização e apresentação de algumas ferramentas ligadas a esta filosofia. Em paralelo, foi realizada um diagnóstico e análise da situação atual de desempenho da secção de *braiding*, na qual foram identificados os principais problemas, nomeadamente, a desorganização da secção, incumprimento das instruções de trabalho e elevado tempo de *setup*.

Após a análise dos problemas identificados, elaboraram-se propostas de melhoria com o intuito de melhorar o desempenho da secção. Como tal, criou-se um novo *layout* e implementaram-se estratégias de gestão visual, aplicou-se a ferramenta SMED, desenvolveu-se uma nova lona de apoio, entre outras.

Como retorno da implementação destas propostas de melhoria, salienta-se um ganho de 84,6% com a eliminação do retrabalho devido à mudança da bandagem nos cabos da CAT, um ganho de 43,4% no tempo de *setup*, a melhoria das condições ergonómicas, a redução da variabilidade do processo, entre outras. Quanto a ganhos monetários prevê-se que serão na ordem dos 72.843 UM/ano.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Thinking, *Lean Production*; Manutenção produtiva total; Melhoria continua; Produtividade.

ABSTRACT

This dissertation was developed within the 5th year of the Integrated Master's in Engineering and Industrial Management of the University of Minho and is the result of a project developed in an industrial environment. The focus of this dissertation was to improve the performance of the *braiding* section by applying Lean Thinking principles and Total Productive Maintenance at Leonishe Portugal, located in São Cláudio de Barco, in the city of Guimarães.

The research methodology that served as the basis for the development of this project is action research because it focuses on research in action and presupposes the involvement of the researcher with stakeholders and collaborators.

Thus, the dissertation began with the literature review about Lean Production in which a contextualization and presentation of some tools related to this philosophy was made. In parallel, a diagnostic and analysis of the current performance situation of the braiding section was performed, in which the main problems were identified, namely the section disorganization, non-compliance with work instructions and high setup time.

Following the analysis of the identified problems, improvement proposals were drawn up to improve the performance of the section. As such, a new *layout* was created and visual management strategies were implemented, SMED was implemented, a new support canvas was developed, among others.

In return for the implementation of these improvement proposals, we highlight the 84,6% gain with the elimination of rework due to the change in CAT cable bandwidth, the 43.4% gain in setup time, also the improvement of ergonomic conditions, the reduction of process variability, among others. The monetary gains are expected to be around 72.843 UM / year.

KEYWORDS

Lean Thinking; Lean Production; Total Productive Maintenance; Continuous Improvement; Productivity

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologias de investigação.....	4
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 <i>Lean Production</i>	6
2.1.1. Origem - <i>Toyota Production System</i>	6
2.1.2. Tipos de desperdícios.....	7
2.1.3. Princípios <i>Lean Thinking</i>	8
2.2 Ferramentas <i>Lean</i> e outras ferramentas.....	9
2.2.1. Técnica 5S.....	9
2.2.2. <i>Single-Minute Exchange of Die</i>	10
2.2.3. <i>Standard Work</i>	11
2.2.4. Mecanismos <i>Poka-Yoke</i>	12
2.2.5. <i>Multi Moment Analysis</i>	12
2.3 <i>Total Productive Maintenance</i>	13
2.3.1. Modelo geral do TPM.....	13
2.3.2. <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	16
3. Apresentação da empresa.....	19
3.1 Identificação e localização.....	19

3.2	História e evolução da Leoni.....	20
3.3	Estrutura Organizacional	21
3.4	Missão e Objetivos da Leoni	22
3.5	Produtos e mercados	22
3.6	Principais clientes	23
3.7	Descrição geral do sistema de produção.....	23
3.7.1.	Armazém.....	24
3.7.2.	Corte.....	24
3.7.3.	Pré-confeção.....	25
3.7.4.	Linha de montagem.....	25
3.7.5.	<i>Braiding</i>	26
3.7.6.	Teste elétrico	26
3.7.7.	<i>Foaming</i>	27
3.7.8.	Inspeção	27
3.7.9.	Empacotamento	28
3.8	Protótipos e amostras	28
4.	Descrição e análise crítica da situação atual.....	29
4.1	Descrição do Segmento 3.....	29
4.2	Descrição da secção de <i>Braiding</i>	30
4.2.1.	Fatores de produção	30
4.2.2.	Processo produtivo e <i>layout</i>	32
4.3	Valores atuais dos indicadores de desempenho	39
4.4	Análise crítica e identificação dos problemas	39
4.4.1.	Seleção da família a estudar - Análise ABC.....	40
4.4.2.	Identificação das atividades que não acrescentam valor	40
4.4.3.	<i>Layout</i> desadequado.....	41
4.4.4.	Incumprimento da instrução do processo.....	42
4.4.5.	Tempo despendido em <i>setup</i>	43
4.4.6.	Problemas ergonómicos e de segurança	43
4.4.7.	Existência de defeitos e elevado tempo de resolução dos mesmos.....	44
4.4.8.	Dificuldade no abastecimento das cablagens.....	46

4.4.9. Falta de gestão visual e 5S	46
4.4.10. Reduzida polivalência dos operadores	48
4.4.11. Síntese dos problemas identificados.....	48
5. Apresentação e implementação de propostas de melhoria.....	49
5.1 Simplificação do processo de bandagem e melhorias no apoio ao <i>braiding</i>	49
5.1.1 Bandagem em espiral nos cabos da CAT	50
5.1.2 Nova lona de apoio	50
5.2 Implementação de SMED	51
5.2.1 Estágio preliminar: O <i>setup</i> interno e externo não se distinguem.....	51
5.2.2 Estágio 1: Separação entre operações internas e externas.....	52
5.2.3 Estágio 2: Passagem de operações internas para operações externas	52
5.2.4 Estágio 3: Otimização das Operações Internas	52
5.3 Introdução de estratégias de gestão visual e 5S	54
5.4 Mudança de <i>layout</i> na secção de <i>braiding</i>	55
5.5 Instrução de trabalho para identificação dos tramos.....	57
5.6 Implementação de mecanismos <i>Poka-Yoke</i>	58
6. Discussão e avaliação dos resultados	59
6.1 Redução de atividades que não acrescentam valor	59
6.2 Redução do tempo de <i>setup</i>	60
6.3 Redução das deslocações.....	60
6.4 Aumento da eficiência	61
6.5 Redução da variabilidade do processo	62
6.6 Redução da percentagem de defeito	62
6.7 Síntese dos resultados	62
7. Conclusão	64
7.1 Considerações finais	64
7.2 Trabalho futuro	65
Referências Bibliográficas	66
Apêndice I – Fluxograma do sistema produtivo.....	68
Apêndice II – Análise ABC.....	69

Apêndice III – Análise multi momento	70
Apêndice IV – Análise da operação de <i>setup</i>	72
Apêndice V – Estudo ergonómico realizado aos operadores do <i>braiding</i>	73
Apêndice VI – Aplicação da ferramenta SMED.....	79
Anexo I – Tabela de representação das fitas de marcação	80
Anexo II – Método REBA.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Casa do TPS (adaptado Liker & Morgan (2011))	7
Figura 2- Técnica 5S.....	9
Figura 3- Pilares do TPM segundo o modelo de Nakajima.....	14
Figura 4- Perdas contabilizadas pelo OEE.....	17
Figura 5- Distribuição do grupo Leoni no mundo	19
Figura 6- Organigrama LEONI AG.....	21
Figura 7- Organigrama da LEONI Portugal.....	21
Figura 8- Objetivos e missão da Leoni	22
Figura 9- Principais clientes e modelos para os quais produz.....	23
Figura 10- Vista do armazém	24
Figura 11- Vista da zona de corte.....	25
Figura 12- Linha de montagem	26
Figura 13- Mesa de teste elétrico	26
Figura 14- Máquina de foaming	27
Figura 15- Mesa de inspeção	27
Figura 16- Processo em tábua fixas do segmento 5.....	28
Figura 17- <i>Layout</i> do segmento 3.....	29
Figura 18- Exemplo de dois cones de fio vinil - ambos têm fio com 1.0 mm de diâmetro, mas cores diferentes	31
Figura 19- Cobra 450 de 32 canelas (Cobra <i>Braiding</i> Machines UK).....	31
Figura 20- Interior de máquina com 24 canelas	32
Figura 21- Pormenor do sistema de funcionamento de rotação das canelas	32
Figura 22- Zona 1 da secção de <i>braiding</i>	33
Figura 23- Zona 2 da secção de <i>braiding</i>	33
Figura 24- Disposição das máquinas da secção de <i>braiding</i>	33
Figura 25- Leitura da etiqueta de identificação do cabo	34
Figura 26- Exemplo do antes e depois da aplicação do <i>braiding</i>	35
Figura 27- Esquematização da utilização das fitas para indicação do início e fim da aplicação de <i>braiding</i>	35
Figura 28- Aplicação do <i>braiding</i> segundo a figura 24.....	35

Figura 29- Cruzamento antes do <i>braiding</i>	36
Figura 30- Cruzamento após <i>braiding</i>	36
Figura 31- Exemplo da utilização da marcação lilás	36
Figura 32- Utilização da marcação em ziguezague como indicação de <i>braiding</i> reforçado	37
Figura 33- <i>Braiding</i> duplo utilizando marcação castanha	37
Figura 34- <i>Braiding</i> duplo na área total do tramo limitada pelas fitas de início e fim	38
Figura 35- <i>Braiding</i> duplo numa extensão específica	38
Figura 36- Ferro elétrico	38
Figura 37- <i>Layout</i> e possibilidade de fluxo das referências segundo a configuração alinhada	42
Figura 38- Tapetes soltos e inutilização da lona	44
Figura 39- Frequência do tipo de defeitos por origem	45
Figura 40- Ganchos utilizados no <i>braiding</i>	46
Figura 41- Marcações de material variado degradadas	47
Figura 42 - Desenhos de ajuda com <i>layout</i> do cabo sem local de acesso rápido	47
Figura 43 - Tapetes ergonómicos não seguros e cabos no chão.....	47
Figura 44- Evolução da bandagem com toques de fita para bandagem em espiral	50
Figura 45– Evolução da lona de apoio à produção	51
Figura 46- Parte traseira da máquina	53
Figura 47- Novelo de fio deve ser mantido próximo do centro	53
Figura 48- Folha de acompanhamento de produção	54
Figura 49- Novo <i>layout</i> da secção de <i>braiding</i>	56
Figura 50- Zona protótipos/amostras	56
Figura 51- Zona para guardar os estrados	56
Figura 52 - Esquematização do funcionamento dos mecanismos Poka-Yoke	58
Figura 53 - Eficiência da secção de <i>braiding</i> de Janeiro a Maio de 2019.....	61
Figura 54- Fluxograma do sistema produtivo	68
Figura 55- Esquema do código de cores de fita	80
Figura 56- Passos para a aplicação do REBA	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Técnicas práticas para redução do tempo de setup (Shingo,1985)	11
Tabela 2- Perdas associadas ao equipamento (Nakajima, 1988)	15
Tabela 3- Número de operadores por secção/linha em cada turno	30
Tabela 4- Eficiências de Janeiro a Junho de 2018	39
Tabela 5-Eficiências de Julho a Dezembro de 2018.....	39
Tabela 6- Resultado da análise multi momento.....	41
Tabela 7- Tempo aproximadamente despendido por mês no setup	43
Tabela 8- Síntese dos problemas identificados	48
Tabela 9- Plano de ações das propostas de melhoria- 5W2H	49
Tabela 10- Resumo da redução do tempo de setup entre estágios.....	54
Tabela 11- Ganhos com a bandagem em espiral.....	59
Tabela 12- Ganhos com a nova lona de apoio	59
Tabela 13- Custos com a nova lona	60
Tabela 14- Ganhos com o SMED.....	60
Tabela 15- Ganhos com a mudança de <i>layout</i>	61
Tabela 16- Custos do novo <i>layout</i>	61
Tabela 17- Síntese dos resultados obtidos.....	63
Tabela 18- Excerto da análise ABC referente aos dados de Janeiro de 2019	69
Tabela 19- Registo da observação inicial	70
Tabela 20- Número de setups de Janeiro a Junho de 2018	72
Tabela 21- Número de setups de Julho a Dezembro de 2018.....	72
Tabela 22- Tempos de setup observados	72
Tabela 23- Pontuação do Grupo A (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	73
Tabela 24- Pontuação do Grupo B (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000)).....	74
Tabela 25- Quadro de pontuação do Grupo A (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	75
Tabela 26- Pontuação de carga/ força (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	75
Tabela 27- Quadro de pontuação do Grupo B (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	75
Tabela 28- Pontuação de ligação - coupling (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	76
Tabela 29- Pontuação geral combinada do grupo A e B (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	76
Tabela 30- Pontuação Atividade (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	77
Tabela 31- Níveis de ação REBA (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))	77

Tabela 32- Avaliação REBA do operador João.....	77
Tabela 33- Avaliação REBA da operadora Sofia	78
Tabela 34– Aplicação da ferramenta SMED para redução do tempo de <i>setup</i>	79

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CAT - Caterpillar

JCB - J.C. Bamford Excavators

JIT – *Just-in-time*

LP – Leoni Portugal

MMA – *Multi Moment Analysis*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*

WPO – *Work Process Optimization*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita a apresentação do tema desta dissertação com um enquadramento teórico do tema proposto bem como os seus objetivos. Também é descrita a metodologia de investigação utilizada, assim como a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

Ao longo dos anos o mercado passou por profundas transformações, o que levou a que houvesse a necessidade das empresas se tornarem cada vez mais competitivas e exigentes, de modo a acompanhar os requisitos impostos pelos clientes. Assim, há uma crescente necessidade em acompanhar esta mudança, a procura pela melhoria contínua tornou-se um dos objetivos principais, ou seja, conseguir redução de custos, aumento da qualidade e eficiência, através da adoção de estratégias produtivas *Lean* (magra) (Danese, Manfè, & Romano, 2018). *Lean* emergiu como um paradigma dominante de operações global focado em reduzir a variabilidade e comprimir tempo de forma a melhorar o fluxo (Samuel, Found, & Williams, 2015).

Lean Production (Womack & Jones, 1996; Womack, Jones, & Roos, 1990) tem como origem o *Toyota Production System* (Ohno, 1988), sistema desenvolvido e promovido pela *Toyota Corporation Motors* durante o período de reconstrução do Japão depois da 2ª guerra mundial. Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda criaram este sistema com o propósito de eliminar vários tipos de desperdício escondidos ao longo de toda a cadeia de valor, assim como todas as atividades que não acrescentam valor ao produto (Monden, 1998).

Womack e Jones (1996) definiram cinco princípios que apoiam a produção *Lean*: criação de valor, identificação da cadeia de valor, existência de um fluxo de produção contínuo, implementação de um sistema *pull* e procura pela perfeição. Quando estes princípios são corretamente aplicados, podem ser considerados como “antídoto do desperdício” (Bragança, Alves, Costa, & Sousa, 2013).

Desperdício é tudo o que não contribui diretamente para acrescentar valor ao produto, na perspetiva das necessidades e requisitos do cliente, tendo um custo acrescido o qual o cliente não está disposto a pagar (Alves, Dinis-carvalho & Sousa, 2012; Ohno, 1988; Womack & Jones, 1996). Os sete desperdícios (*mudas*), segundo Ohno (1988) são: transportes, *stocks*, movimentações, sobreprodução, qualidade, processamento inapropriado (sobreprodução) e esperas.

Esta metodologia baseia-se nos princípios *Just-in-Time* (JIT)- material certo no momento certo e na quantidade necessária - e *Jidoka* (*Autonomation*)- controlo autónomo de defeitos, ou seja, não permitir que o defeito passe de um processo para outro, incentivando à correção do defeito na fonte (Monden, 1998). Além destes dois princípios, utiliza-se com frequência um conjunto de ferramentas e metodologias que suportam a implementação da produção *Lean*, como por exemplo: 5S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), *Visual Stream Mapping* (VSM), *Total Productive Maintenance* (TPM), *Kanban*, *Gestão Visual*, *Poka-Yoke* e, por fim, *Standard Work* (Bragança et al., 2013; Melton, 2005).

A manutenção do equipamento representa um componente significativo nos custos operacionais, sendo o seu impacto substancial na indústria. Em resposta aos problemas de manutenção e suporte encontrados durante a vida útil do equipamento, Nakajima (1988) definiu a filosofia TPM como atividades de promoção de manutenção preventiva envolvendo a participação total, organizando os empregados em pequenos grupos de atividade.

A palavra “Total” tem três significados que descrevem as principais características do TPM: total eficácia, que significa procura pelo aumento da rentabilidade, melhorando a produtividade e qualidade e diminuindo os custos; manutenção total, que é expressa através da manutenção preventiva e pelo melhoramento da manutibilidade e fiabilidade do equipamento, tendo como objetivo o aumento da disponibilidade; total participação, que inclui manutenção autónoma pelos operadores através de atividades em pequenos grupos, essencialmente trabalho em equipa (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005; Nakajima, 1988).

Para alcançar a eficácia global do equipamento, o TPM trabalha para eliminar as “*six big losses*” (seis grandes perdas) que podem ser divididas em três grupos: *down time*, perdas de velocidade e defeitos. Relativamente ao *down time*, associam-se as perdas: falhas no equipamento ocasionadas por avarias do equipamento e *setup* e ajustamentos devido ao tempo despendido para iniciar a produção de um novo produto. Quanto às perdas de velocidade estas podem ser motivadas por: paralisações e pequenas paragens devido a anomalias e erros temporários e velocidade reduzida devido a discrepâncias entre a velocidade projetada e a atual. Por fim, as perdas associadas a defeitos são: defeitos de processo e retrabalho referentes ao tempo despendido em reparar produto não-conforme e perdas de rendimento referentes ao tempo e volume de produção perdidas desde a inicialização da máquina até a produção estabilizar (Nakajima, 1988).

Segundo Chan et al (2005), TPM é um relacionamento sinérgico entre todas as funções organizacionais, particularmente entre produção e manutenção. Visa a melhoria contínua da qualidade do produto, bem como a eficiência operacional e garantia de capacidade.

Este projeto surge na Leoni, uma empresa cujo sistema se baseia na produção de cablagens. Esta empresa adotou *Lean Production* como filosofia e pretende melhorar continuamente de forma a manter-se competitiva fazendo frente às adversidades do mercado. Na área de *braiding* existe um estrangulamento na produção, sendo necessário uma melhoria do sistema produtivo. Alguns dos problemas identificados são: falta de planeamento, elevado tempo de *changeover* dos rolos de fio, elevado tempo despendido com operações de bandagem extra, taxa de defeitos considerável, elevado *work in progress*, avarias nas máquinas e falta de normalização dos procedimentos de trabalho. A empresa implementa *Lean Production* para melhorar a sua organização através de projetos como o que aqui se propõe, nomeadamente, o projeto de dissertação do André Silva (Silva, 2015). Assim, este projeto enquadra-se no projeto de melhoria contínua que a empresa tem implementado.

1.2 Objetivos

Esta presente dissertação teve como objetivo principal a melhoria de desempenho da secção de *braiding* através da implementação de princípios *Lean Thinking* e *Total Productive Maintenance*, com maior incidência nos pilares da gestão da qualidade e melhorias específicas. Para o concretizar foi necessário:

- Realizar *Gemba walks* para a identificação de problemas;
- Implementar 5S, TPM e outras ferramentas *Lean* para resolução de problemas;
- Aplicar a metodologia SMED;
- Formação dos trabalhadores;
- Normalizar procedimentos de trabalho.

Com este objetivo pretendeu-se:

- Aumentar a eficiência e a produtividade da secção;
- Reduzir desperdícios (movimentações, operações desnecessárias, *Work in Progress*, entre outros.);
- Diminuir o tempo de paragens não planeadas;
- Reduzir o número de produtos não-conformes;
- Reduzir custos.

1.3 Metodologias de investigação

Para realizar este projeto de dissertação utilizou-se a metodologia de investigação investigação-ação. Esta estratégia foca-se na investigação em ação e não em investigação para a ação e envolve tanto investigadores como colaboradores e intervenientes (Coughlan & Coughlan, 2002), remetendo para um ambiente de “*learning by doing*” (O'Brien, 1998).

Nesta metodologia, podem ser distinguidas cinco fases: diagnóstico - identificação e definição do problema; planeamento da ação – são consideradas várias soluções possíveis, a partir das quais um único plano de ação surge; implementação da ação; avaliação dos resultados e especificação da aprendizagem – identificação e análise dos resultados; caso não sejam satisfatórios repete-se o ciclo (O'Brien, 1998).

Numa primeira fase foi realizada uma análise crítica da situação atual, para a qual foi necessário recolher dados e informações com o objetivo de identificar problemas no sistema produtivo. Para a elaboração deste diagnóstico foram observados os postos de trabalho e os respetivos processos, analisados documentos, identificadas as atividades que acrescentam ou não valor (desperdícios), calculados os tempos de ciclo, mudança de *setup*, entre outros.

Na fase seguinte, no planeamento de ações, foram propostas melhorias aos problemas existentes anteriormente identificados. Estas melhorias passaram pela aplicação de ferramentas *Lean* como 5S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED). Também passaram pela implementação de *Total Productive Maintenance* (TPM) e indicadores relacionados como *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), entre outras. Após a aprovação do plano de ação foram implementadas as propostas de melhoria, que é a terceira fase da metodologia investigação-ação.

Posteriormente foi realizada uma análise aos resultados obtidos, sendo discutidos e avaliados fazendo uma comparação com a análise inicial para apurar se realmente as propostas de melhoria implementadas são viáveis.

Por fim, na especificação da aprendizagem, foi realizada uma análise crítica para apurar se os problemas ficaram realmente resolvidos e foram apresentados trabalhos futuros para pontos que não se tenham concretizado.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos, começando com uma introdução e enquadramento do projeto, sendo também apresentados os objetivos e a metodologia de investigação usada para o seu desenvolvimento.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica abrangendo os principais contributos científicos que serviram de base teórica para a realização desta dissertação.

Seguidamente, no capítulo 3 é feita a apresentação da empresa onde foi realizada e também é descrito o seu sistema produtivo.

O quarto capítulo diz respeito à descrição e análise da situação atual do sistema produtivo em que são identificados os problemas da secção.

Segue-se o quinto e sexto capítulo onde são apresentadas as propostas de melhoria para a redução e eliminação dos problemas apresentados no capítulo anterior e os resultados da sua implementação.

Por fim, no último capítulo, dá-se o fim desta dissertação com as conclusões finais e algumas propostas de trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica dos principais conceitos relacionados com a realização deste projeto de dissertação. Inicia-se com a origem, evolução e definição do *Lean Production*, assim como da casa do TPS (*Toyota Production System*), princípios e tipos de desperdícios. São também identificadas algumas ferramentas *Lean*: 5S, TPM (*Total Productive Maintenance*), SMED (*Single Minute Exchange of Die*), Gestão Visual e *Standard Work* e o indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*),

2.1 *Lean Production*

O *Lean Production* foi primeiramente divulgado quando Womack, Jones e Roos (1990) publicaram o livro "*The Machine That Changed The World*", definindo *Lean* como "*doing more with less*" - menos equipamentos, menos esforço humano, menos tempo e menos espaço (Womack & Jones, 1996). A produção *Lean* teve origem no sistema de produção da Toyota (*Toyota Production System*) desenvolvido por Ohno (1988) em que o principal propósito do sistema é a eliminação de desperdícios na empresa através de atividades de melhoria (Monden, 1998).

2.1.1. Origem - *Toyota Production System*

A teoria TPS é representada por uma "casa" (Casa TPS) e foi desenvolvida por Fujio Cho, tornando-se num ícone cultural no mundo da manufatura (Liker & Morgan, 2011). Esta casa, ilustrada na Figura 1, representa um sistema que é tão forte quanto a sua parte mais fraca, sendo que se um dos seus pilares e/ou fundações estiverem instáveis, a casa também estará

A base da casa necessita de fornecer as fundações necessárias para que os sistemas *just-in-time* possam ser construídos e atualizados sem problemas. Estas fundações são: a filosofia Toyota, na qual assentam os princípios *Lean*; a gestão visual, que ajuda no planeamento e controlo da produção; processos normalizados e estabilizados, porque sem eles a produção *just-in-time* não é possível; produção nivelada, porque com um fluxo de encomendas e carga de trabalho nivelados há oportunidade em standardizar os processos.

O pilar *just-in-time* preconiza que para haver fluxo através de processos rápidos é necessário que o componente certo surja no momento e quantidade certa, utilizando o mínimo de recursos possível.

O pilar *jidoka* representa a máquina com inteligência humana, ou seja, capaz de detetar um desvio da standardização, parar e esperar até que a "ajuda" chegue. Este conceito foi estendido a processos

manuais através de sistemas de sinalização. Se o processo não seguir em frente cada vez que surge um problema, este é contido na área de produção e não chega ao cliente, proporcionando oportunidades de melhoria contínua.

Por fim, para que o processo melhore continuamente é necessário trazer os problemas à tona, sendo que só é realmente compensatório se as pessoas envolvidas no processo tiverem as ferramentas necessárias para primeiro resolver os problemas e depois chegar à sua causa-raiz.

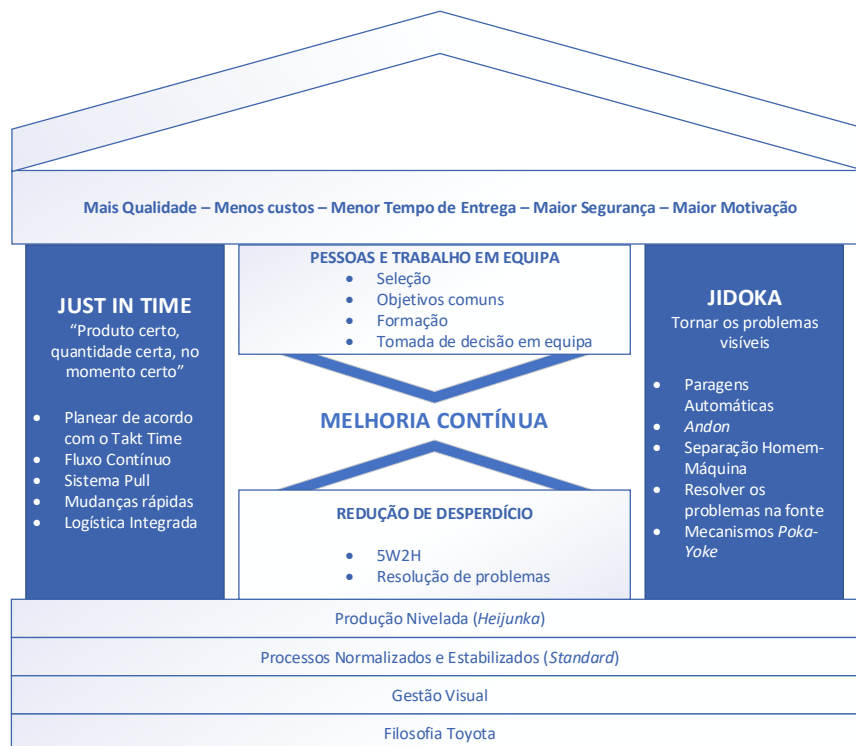


Figura 1- Casa do TPS (adaptado Liker & Morgan (2011))

2.1.2. Tipos de desperdícios

Segundo Ohno (1998), o aumento da eficiência apenas faz sentido se não existirem custos associados e que para tal acontecer a produção tem de ser feita utilizando o mínimo de recursos. Posto isto, desperdício (*muda*) é tudo o que consome recursos, mas não acrescenta valor ao produto. Os sete tipos de desperdícios podem ser caracterizados como (Hines & Taylor, 2000):

- **Esperas:** longos períodos de inatividade tanto para os operadores como para o produto ou informação, resultando em fraca fluidez e longo *lead time*;
- **Stock:** armazenamento excessivo e atraso da informação ou produtos, resultando em custos excessivos e pobre serviço ao cliente;

- **Defeitos:** frequentes erros na documentação, problemas na qualidade dos produtos, ou pobre capacidade de entrega; tem um impacto indireto, pois leva a que seja necessário retrabalho ou sucata;
- **Movimentações:** organização deficiente do espaço de trabalho, resultando em procura de ferramentas e movimentos desnecessários dos operadores;
- **Transportes:** movimento excessivo de informações ou produtos resultando em desperdício de tempo, esforço e custo;
- **Sobreprodução:** produzir em excesso ou demasiado cedo, resultando num fraco fluxo de produção e informação e excesso de *stock*;
- **Sobre processamento:** realizar operações que não acrescentam valor ao produto aos olhos do cliente; uso inadequado de ferramentas, sistemas ou procedimentos quando é possível uma abordagem mais simples.

2.1.3. Princípios *Lean Thinking*

Segundo Womack & Jones (1996), existe um poderoso antídoto para o que Taiichi Ohno chama de *muda* (desperdício): “*Lean Thinking*”. Cada princípio pode ser definido da seguinte maneira:

- **Valor:** é definido pelo consumidor final e só existe quando um serviço e/ou bem vai de encontro às suas necessidades a um preço e num tempo específico, ou seja, são todas as necessidades que o cliente deseja no seu produto e está disposto a pagar;
- **Cadeia de valor:** conjunto de ações específicas que constituem o processo de produção em que é constituído por três tipos de ações: ações que acrescentam valor- apenas aquilo que o cliente está disposto a pagar-, ações que não acrescentam valor, mas são necessárias e ações que não acrescentam valor- são consideradas desperdício e por isso, têm de ser eliminadas.
- **Fluxo:** após a definição de valor e a identificação da cadeia de valor, o foco está no objeto - projeto, ordem e o produto em si - removendo todos os impedimentos (desperdícios). Repensando práticas e ferramentas de trabalho eliminam-se fluxos de retorno, sucata e paragens para que a produção prossiga de forma contínua.
- **Sistema *Pull*:** A produção só é iniciada quando o cliente faz a encomenda, sendo fabricada apenas a quantidade pedida. Evitam-se assim, por exemplo, desperdícios referentes a excesso de *stock*.

- **Perfeição:** esforço diário para manter níveis de excelência, continuando a eliminar desperdícios que possam aparecer, ou seja é a manutenção dos resultados obtidos nos princípios anteriores.

2.2 Ferramentas *Lean* e outras ferramentas

Esta secção apresenta uma descrição de algumas ferramentas *Lean*, como por exemplo a técnica 5S ou o SMED. Também é feita uma descrição da análise multi momento que é utilizada muitas vezes, em conjunto, com as ferramentas *Lean* para uma análise de desempenho.

2.2.1. Técnica 5S

“5S” é uma abordagem sistemática, ilustrada na Figura 2, para organizar a área de trabalho, manter regras e *standards* e manter a disciplina necessária para fazer um bom trabalho. Com o tempo, todo o tipo de “sujidade” acumula-se no chão de fábrica e escritórios de uma empresa, como por exemplo: o *WIP (work-in-progress)* e outros stocks, ferramentas, equipamentos e carrinhos que não são utilizados com tanta regularidade, etc. Implementando 5S, os níveis de qualidade, *lead time* e custos podem ser reduzidos (Monden, 1998).

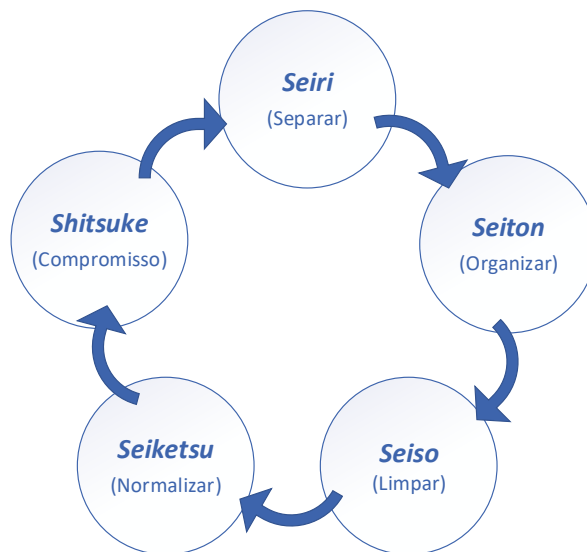


Figura 2- Técnica 5S

De acordo com Osada (1991), a definição das cinco etapas definidas pela técnica 5S para manter uma empresa organizada é:

- **Seiri (Separar):** separar e eliminar todos os itens desnecessários no espaço de trabalho;
- **Seiton (Organizar):** identificar e organizar os materiais de modo a facilitar o uso e a sua procura;

- **Seiso (Limpar):** manter o local de trabalho limpo e arrumado com a finalidade de aumentar a segurança dos operadores e reduzir o mau funcionamento dos equipamentos devido a poeiras, óleo sujo e lixo;
- **Seiketsu (Normalizar):** sem as etapas anteriores estarem concluídas, não é possível avançar para esta. O objetivo passa por desenvolver regras e procedimentos para monitorizar as etapas anteriores;
- **Shitsuke (Compromisso):** controlo e manutenção das fases anteriores implementando disciplina de forma a incentivar a procura pela melhoria contínua do processo.

2.2.2. Single-Minute Exchange of Die

A técnica *Single-Minute Exchange of Die* (SMED)(Shingo, 1985) é um método que se usa para reduzir drasticamente o tempo de mudança entre ferramentas. Foi inventado por Shigeo Shingo e o seu objetivo principal, como o próprio nome da técnica indica, é a redução do tempo de *setup* para um número com apenas um dígito (i.e. menos de 10 minutos).

O conjunto de operações de preparação de uma máquina é usualmente designado de *setup*. Este tempo influencia diretamente a competitividade das empresas, porque afeta a flexibilidade de troca entre produtos e consequentemente a produtividade. Quando o tempo de *setup* é elevado, há tendência em aumentar o tamanho dos lotes produzidos para compensar o tempo despendido na troca de ferramentas, reduzindo assim a quantidade de vezes que é necessário realizar a troca (Shingo, 1985).

Existem dois tipos de operações de *setup*:

- **Setup interno:** atividades que só podem ser executadas com o equipamento parado;
- **Setup externo:** atividades que podem ser executadas com o equipamento em funcionamento.

Segundo Shingo (1985), o método SMED decorre em quatro estágios:

- **Estágio preliminar:** o *setup* interno e externo não se distinguem - neste estágio faz-se a recolha dos tempos das atividades realizadas no *setup*;
- **Estágio 1:** distinção entre *setup* interno e *setup* externo – organização das atividades identificadas no estágio preliminar, classificando-as em *setup* interno ou externo;
- **Estágio 2:** conversão do *setup* interno em externo – este estágio envolve duas importantes noções: 1- reexaminar operações para ver se alguma atividade foi incorretamente classificada

como *setup* interno; 2- encontrar uma maneira de converter atividades de *setup* interno em *setup* externo;

- **Estágio 3:** racionalização de todos os aspetos da *operação* de *setup* – análise detalhada de cada operação elementar com o objetivo de racionalizar todos os *setups* interno e externo.

Os estágios 2 e 3 não precisam de ocorrer sequencialmente; pode ser simultaneamente. Para cada estágio, Shingo (1985) estabelece algumas técnicas práticas para a redução do tempo de *setup* para cada estágio do método. Estas técnicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1- Técnicas práticas para redução do tempo de setup (Shingo,1985)

Estágio 1:	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de uma <i>checklist</i>+ <i>check plan</i> - Verificação das condições de funcionamento - Melhoria nos transportes
Estágio 2:	<ul style="list-style-type: none"> - Preparação antecipada das condições de operação - <i>Standardização</i>
Estágio 3:	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorias no armazenamento e transporte de peças e ferramentas (incluindo lâminas, batentes, etc.) - Implementação de operações em paralelo - Uso de braçadeiras (fixadores) funcionais - Eliminação de ajustes - Linhas de centro imaginárias e planos de referência - Sistema de mínimo múltiplo comum - Mecanização

2.2.3. *Standard Work*

Standard work (trabalho normalizado) é, de acordo com Womack & Jones (1996), a descrição precisa de cada atividade, incluindo o tempo de ciclo, o *takt time*, a sequência de tarefas específicas e a quantidade mínima de partes que têm de estar disponíveis para a realização da atividade.

Segundo Monden (1998), o primeiro objetivo do *standard work* (trabalho normalizado) é atingir alta produtividade trabalhando eficazmente, sem desperdícios. O segundo objetivo que se pretende alcançar é o balanceamento da linha entre todos os processos em termos de tempo de produção, ou seja, o conceito de tempo de ciclo deve ser inserido em operações padrão. Por fim, o terceiro objetivo é que apenas a mínima quantidade de trabalho em curso se qualifica como o número mínimo de

unidades necessárias para que as operações normalizadas sejam realizadas pelos operadores, sendo que a normalização da quantidade ajuda a eliminar inventário de produto em curso.

As operações normalizadas são definidas da seguinte forma:

1. Determinar o tempo de ciclo;
2. Determinar o tempo de conclusão por unidade;
3. Determinar a rotina normalizada de operações;
4. Determinar a quantidade normalizada de trabalho em curso;
5. Preparar a folha de operações normalizadas.

2.2.4. Mecanismos *Poka-Yoke*

Inspeções sucessivas, próprias e na fonte podem ser obtidas através da aplicação de sistemas *poka-yoke* alcançando inspeção a 100% com controlo mecânico ou físico. Existem dois tipos de sistemas que podem ser utilizados (Shingo, 1989):

- **Controlo** – quando o sistema é ativado, a máquina ou linha é automaticamente parada até que seja corrigido o problema;
- **Aviso** – neste caso, quando o sistema é ativado, soa um alarme ou acende uma luz que indica ao operador que algo não está bem.

Os sistemas de controlo são o método mais forte, pois não serão produzidos defeitos visto que a máquina/linha de produção para, enquanto no sistema de aviso a produção com defeito continua até que o operador interrompa o processo.

2.2.5. *Multi Moment Analysis*

A análise multi momento, originalmente chamada de “*snap reading technique*”, é uma técnica estatística inventada por Tippet (1934), para obter tempos de máquinas e operações na indústria. Esta análise é uma técnica de amostragem do trabalho, ou seja, é uma técnica extensiva baseada na realização de observações pontuais ao longo de períodos de tempo mais ou menos extensos.

A percentagem de leituras feitas a um operador a realizar uma operação ou um conjunto de operações é uma estimativa da percentagem real do tempo despendido nessas operações. O tipo de informação proveniente desta técnica é (Schuler, 1984):

- Proporção do tempo de trabalho em que a máquina e/ou operador está a produzir;
- Proporção do tempo de trabalho gasto em atrasos - a razão de cada atraso deve ser registada;

- As atividades relativas de cada trabalhador e máquinas.

2.3 *Total Productive Maintenance*

Segundo Nakajima (1988), *Total Productive Maintenance* (TPM) é a manutenção produtiva levada a cabo por todos os colaboradores da empresa em pequenos grupos de atividade, sendo que o objetivo é zero defeitos e zero avarias. O conceito TPM engloba ainda os seguintes elementos (Chan et al., 2005; Nakajima, 1988):

- Maximizar a eficiência geral do equipamento
- Estabelecer um sistema rigoroso de manutenção preventiva para a vida total do equipamento
- Ser implementada em vários departamentos da empresa

TPM visa aumentar a disponibilidade/eficiência do equipamento existente, através do esforço em minimizar *input* (melhorando e mantendo o equipamento num nível ideal para reduzir os custos de vida útil) e o investimento em recursos humanos o que resulta numa melhor utilização do equipamento (Chan et al., 2005). A maioria das empresas consegue reduzir os custos da manutenção em pelo menos um terço, aumentando a produtividade, dando à manutenção a prioridade que é necessária (Ahuja & Khamba, 2008).

2.3.1. Modelo geral do TPM

O modelo geralmente aceite é o apresentado por Nakajima (1998), ilustrado na Figura 3, no qual são sugeridos oito pilares para alcançar os objetivos do TPM. Esses pilares são: manutenção autónoma, manutenção planeada, melhorias específicas, educação e formação, gestão da qualidade do processo, gestão de novos equipamentos, segurança e meio ambiente e TPM em áreas administrativas.

Manutenção autónoma:

Este pilar consiste na participação dos operadores para a realização de pequenas operações/tarefas de reparação e inspeção, antecipando-se a potenciais problemas. Estas tarefas passam por limpeza, lubrificação de equipamentos, inspeção de peças soltas e apertos.

Com a realização destas tarefas, a equipa principal responsável pela manutenção fica mais livre para tratar de problemas realmente graves. Segundo Chan et al. (2005), os operadores qualificados para a manutenção devem: providenciar apoio técnico às atividades de manutenção autónoma, impedir a deterioração do equipamento usando inspeções, monitorização da condição e revisão, clarificar

standards de operação identificando fraquezas no *design* e aplicando melhorias adequadas e melhorar as habilidades de manutenção para *check-ups*, monitorização da condição, inspeções e revisão geral dos equipamentos.

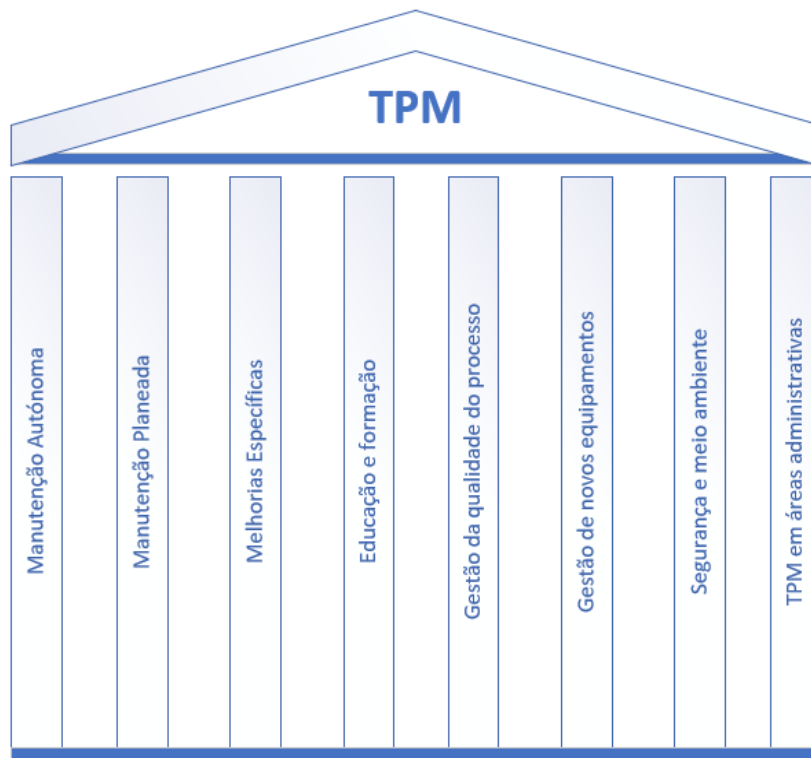


Figura 3- Pilares do TPM segundo o modelo de Nakajima

Manutenção planeada:

A manutenção planeada abrange duas formas de manutenção: preventiva e preditiva. O propósito de realizar manutenção preventiva e preditiva é de reduzir paragens, mas mesmo quando são realizadas intervenções de manutenção periódicas, acontecem falhas inesperadas (Suzuki, 1994).

Melhorias específicas:

O pilar “melhorias específicas” ou “melhorias no equipamento e processo” tem como objetivo maximizar a eficiência do equipamento. Nakajima (1988) definiu seis grandes perdas associadas ao equipamento divididas em três grupos (Perdas de disponibilidade, perdas de velocidade e perdas por defeitos). Estas perdas são descritas detalhadamente na Tabela 2.

Tabela 2- Perdas associadas ao equipamento (Nakajima, 1988)

Perdas de disponibilidade	1. Falha do equipamento	Paragem/Avaria por desgaste de peça
	2. <i>Setup</i> e afinações	Alteração do produto a ser produzido, i.e., troca de ferramentas e/ou material
Perdas de velocidade	3. Pequenas paragens	Paragens com tempo inferior a 5min devido a problemas de qualidade e funcionamento anormal do equipamento
	4. Redução da velocidade	Discrepância entre a velocidade desejada e a velocidade real
Perdas por defeitos	5. Defeitos do processo	Devido a sucata e defeitos de qualidade a serem reparados
	6. Produção reduzida	Inicialização da máquina até a produção estabilizar

Educação e formação:

Para sustentar o programa TPM a longo prazo, é necessário garantir a aprendizagem contínua de todos os funcionários, para que sejam capazes de desempenhar eficazmente as tarefas que são requeridas nos outros pilares do TPM.

Gestão da qualidade do processo:

A gestão da qualidade do processo consiste em prevenir e evitar defeitos ao longo do processo e no equipamento. A variabilidade das características é controlada através do controlo das condições dos equipamentos, tendo uma correlação direta com a ocorrência de defeitos.

O conceito chave deste pilar é a ação preventiva, ou seja, trabalhar para que o defeito não chegue sequer a aparecer, em vez de atuar reativamente.

Gestão de novos equipamentos:

A gestão de novos equipamentos consiste na realização de atividades de desenvolvimento de um novo equipamento ou de alteração de um equipamento existente com base na informação reunida dos pilares de manutenção autónoma, planeada e melhorias específicas. Estas atividades transmitem um grau elevado de fiabilidade, segurança, operacionalidade e flexibilidade ao equipamento.

Quando é desenvolvido ou adquirido um novo equipamento deve se ter em conta os níveis técnicos (operacionalidade e performance) e níveis de disponibilidade (fiabilidade e manutibilidade) requeridos.

Segurança e meio ambiente:

Assegurar a segurança dos operadores criando um local de trabalho seguro e a conservação do meio ambiente são os objetivos deste pilar. É particularmente importante a implementação de sistemas que mantêm os operadores seguros mesmo que as normas de segurança não sejam cumpridas.

Este pilar ambiciona zero acidentes, boas práticas de saúde por parte dos operadores e o uso mínimo de recursos possíveis, reduzindo ao consumo de energia, e eliminação de resíduos tóxicos.

TPM em áreas administrativas:

Os departamentos de administração e gestão têm um papel importante no suporte das atividades de produção. O objetivo neste pilar é aumentar a eficiência e produtividade através da redução/eliminação de perdas que advêm de inventários/registos, *setup*, movimentações, carga de trabalho desequilibrada e perda de informação.

2.3.2. Overall Equipment Effectiveness

A eficácia da planta de uma empresa depende da eficácia dos equipamentos, pessoas, materiais e métodos (Nakajima, 1988). O *Overall Equipment Effectiveness* foi desenvolvido por Nakajima e pretende medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM. É definido como a medida da *performance* total do equipamento, ou seja, o grau a que o equipamento está a trabalhar em relação ao suposto (Muchiri & Pintelon, 2007). Segundo Muchiri & Pintelon (2007) é uma análise tridimensional à *performance* do equipamento baseada na disponibilidade, velocidade e qualidade do *output*.

O OEE é calculado através do produto dos três fatores, como está representado na equação 1.

$$OEE = Disponibilidade * Velocidade * Qualidade \quad (1)$$

As perdas de tempo contabilizadas pelo OEE estão exemplificadas com detalhe na Figura 4. Quanto maior forem as perdas registadas, maior será a diferença entre o tempo disponível e o tempo efetivo de produção.



Figura 4- Perdas contabilizadas pelo OEE

Disponibilidade:

O fator disponibilidade é o rácio entre o tempo de funcionamento e o tempo de abertura. O tempo de abertura corresponde ao tempo total disponível no turno menos as paragens planeadas, ou seja, paragens devido a pausas, períodos sem nada para produzir e intervenções de manutenção planeadas. O tempo de funcionamento corresponde ao tempo de abertura menos as paragens não planeadas, ou seja, paragens devido a avarias, falta de material e *setups*.

$$Disponibilidade = \frac{\textit{Tempo de funcionamento}}{\textit{Tempo de abertura}} \quad (2)$$

$$\textit{Tempo de abertura} = \textit{Tempo disponível} - \textit{Tempo paragens planeadas} \quad (3)$$

$$\textit{Tempo de funcionamento} = \textit{Tempo abertura} - \textit{Tempo paragens não planeadas} \quad (4)$$

Velocidade:

O fator velocidade compara o que a máquina produz com o que a máquina deveria produzir. Neste fator são consideradas as pequenas paragens e a redução da velocidade do equipamento.

$$Velocidade = \frac{Tempo\ ciclo\ ideal * peças\ produzidas}{Tempo\ de\ funcionamento} \quad (5)$$

Qualidade:

O fator qualidade tem em conta as perdas por falta de qualidade, o que corresponde à produção de produtos que não vão de encontro aos *standards* de qualidade, incluindo peças que necessitam de retrabalho.

$$Qualidade = \frac{Peças\ produzidas - Peças\ com\ defeito}{Peças\ produzidas} \quad (6)$$

De acordo com Nakajima (1988) as condições ideais são:

- Disponibilidade: 90%
- Velocidade: 95%
- Qualidade: 99%

Assim sendo, o OEE ideal deverá ser 85%.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo apresenta-se a empresa onde decorreu o presente projeto, começando pela sua identificação e localização, passando de seguida pela sua história e evolução, quais os seus principais clientes e fornecedores, que produtos e qual o seu mercado de destino e por fim é feita uma descrição do sistema de produção.

3.1 Identificação e localização

A Leoni Portugal (LP) é uma empresa de produção de cablagens, situada em São Cláudia de Barco, na cidade de Guimarães, e está inserida num grupo empresarial multinacional incluído na indústria de cablagens e derivados.

A fábrica produz cablagens de diversos tipos, mas principalmente para máquinas agrícolas e retroescavadoras. De acordo com o CAE, a Leoni está classificada como: Subsecção C – Indústrias transformadoras; Divisão 29 – Fabricação de veículos automóveis, reboques, semirreboques e componentes para veículos automóveis; Grupo 293 – Fabricação de componentes e acessórios para veículos automóveis e Subclasse 2931- Fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis.

O grupo empresarial Leoni possui mais de 95.000 funcionários em 32 países, como se pode ver na Figura 5, e gerou vendas consolidadas no valor de 5.1 biliões em 2018.



3.2 História e evolução da Leoni

Corria o ano de 1917, quando as empresas Johann Balthasar Stieber & Sohn em Nuremberga, Johann Philipp Stieber em Roth e Vereinigte Leonische Fabriken em Nuremberga se fundiram para formar a Leonische Werke Roth-Nürnberg AG, com fábricas em Roth e Nuremberga-Mühlhof.

Cerca de 10 anos, após a formação da Leonische Werke Roth-Nürnberg AG, começaram a produzir fios esmaltados. Em 1931 deu-se a mudança do nome para Leonische Drahtwerke AG e iniciou-se a produção de fios de borracha embainhada e, após alguns anos, fios de PVC.

Em 1956 a empresa começou a produzir cabos de energia e aquando da construção da fábrica de Kitzingen iniciou a produção de cablagens semelhantes às que se produz hoje em dia.

A empresa iniciou a sua expansão para fora da Alemanha, em 1977, com a abertura de uma fábrica na Tunísia e a partir daí seguiu-se Irlanda e Estados Unidos, tendo também aberto dois escritórios de vendas, um na França e outro na Inglaterra. Ao mesmo tempo adquiriu a antiga fábrica da Grundig em Neuburg/Donau e construiu uma nova em Berlim.

Em 1991, estabeleceu-se em Portugal, na cidade de Guimarães, com a construção de uma fábrica de cablagens e continuou a sua expansão na Hungria, Eslováquia, Polónia, Singapura, China, Itália, África do Sul e México.

Em 1999, estabeleceu-se uma estrutura de *holding*. Leonische Drahtwerke AG muda o nome da empresa para Leoni AG. A estrutura organizacional muda, passando a serem três empresas (Leoni Draht GmbH & Co. KG, LEONI Kabel GmbH & Co. KG e Leoni Bordnetz-Systeme GmbH & Co. KG) a administrar o negócio estratégico.

A Leoni AG foi distinguida pela terceira vez, em 2006, como uma das melhores empresas empregadoras na Alemanha, por proporcionar aos seus funcionários condições de trabalho, benefícios sociais e oportunidades de carreira. Nesse mesmo ano, o CEO da empresa foi nomeado estratega do ano pelo *Financial Times Deutschland* e ainda recebeu da General Motors, o prémio de “fornecedora do ano”, classificando a Leoni como a melhor parceira.

Devido a boas previsões no mercado asiático, a Leoni iniciou a sua expansão em 2010, abrindo uma base em Nagoya, reunindo assim a sua atividade da *Wire & Cable Solutions Division* no Japão.

Em 2012, a Leoni AG apresenta um novo produto e portefólio para instalação de painéis solares e térmicos prolongando a sua competência, como fornecedor de serviços, no mercado de energias renováveis.

Recentemente a Leoni AG iniciou o programa VALUE21, que é uma estratégia abrangente e duradoura de melhoria do desempenho. Tem o objetivo de aprimorar a estratégia corporativa futura, direcionando a empresa num crescimento saudável, melhorando a qualidade e aumentando a liquidez.

3.3 Estrutura Organizacional

A LP fazendo parte do grupo Leoni AG responde perante uma estrutura central tendo como representante máximo o presidente e CEO Aldo Kemper. Na Figura 6 é possível consultar o organigrama da estrutura central.

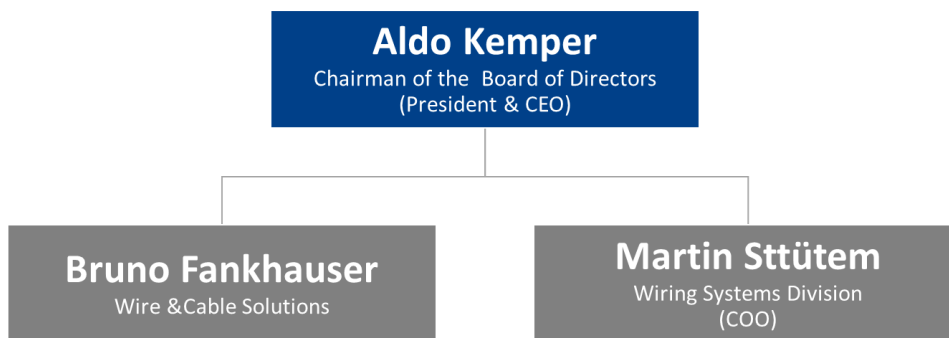


Figura 6- Organigrama LEONI AG

Em Portugal a Leoni é gerida segundo o organigrama abaixo apresentado (Figura 7), sendo que a responsável pela gestão da fábrica é a Dra. Elvira Peixoto e pela gestão comercial o Dr. Miguel Marques.

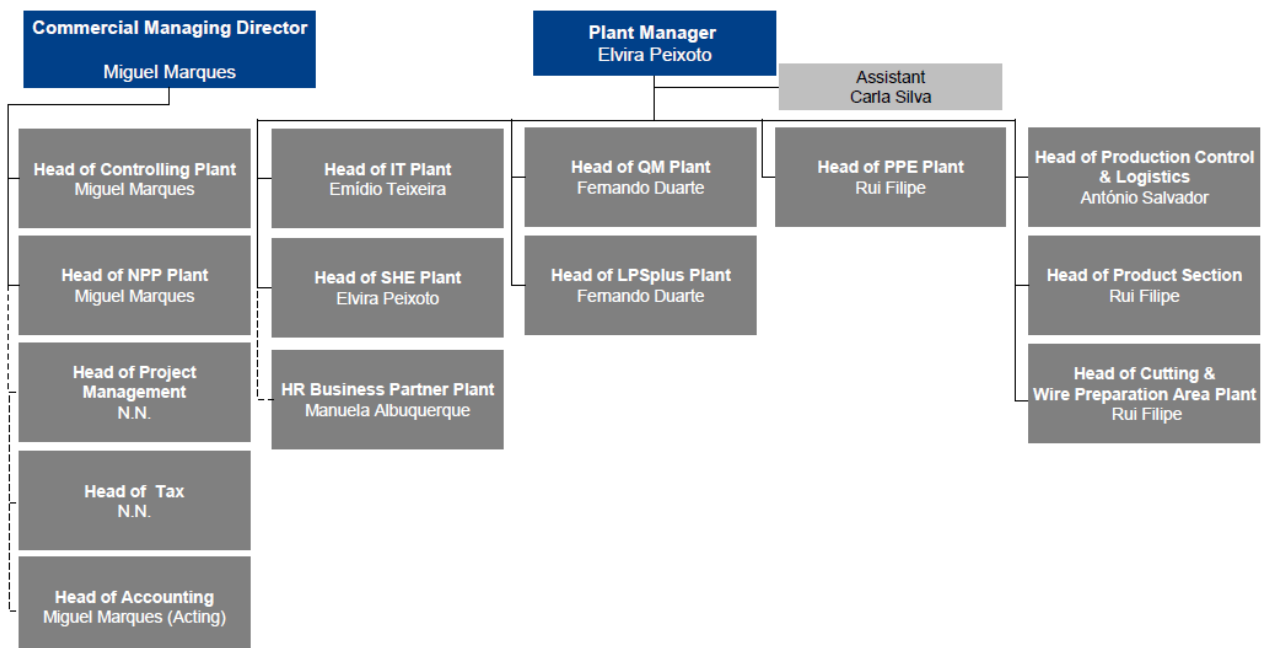


Figura 7- Organigrama da LEONI Portugal

3.4 Missão e Objetivos da Leoni

A Leoni é uma empresa que tem como base da sua filosofia de funcionamento os valores e comportamentos das pessoas que trabalham na empresa, de modo a que possam fornecer com paixão soluções de dados e energia inteligentes.

Tem como principal missão ser o parceiro preferencial da indústria automóvel e de transporte, disponibilizando especialização a nível global nas áreas de manufatura, engenharia e fluxo logístico. Para tal, tem como objetivo a excelência oferecendo a melhor qualidade e um forte poder de inovação focando no cliente e na confiança. A Figura 8 resume assim os objetivos e missão da Leoni.



Figura 8- Objetivos e missão da Leoni

3.5 Produtos e mercados

O grupo Leoni AG segue as últimas tendências a nível da inovação e desenvolvimento tecnológico, tendo ao longo dos anos expandido o seu leque de produtos e a sua presença em diversos mercados.

Estes mercados são:

- Soluções de cabos automóveis
- Sistemas de cablagens automóveis
- Comunicação de dados e rede
- Aplicações elétricas
- Energia e infraestruturas
- Automação fabril
- Fibra ótica
- Cuidados de saúde

- Maquinaria e sensores
- Naval
- Indústria de processos
- Veículos especiais
- Transportes
- Produtos e soluções de fio

A Leoni Portugal está presente no mercado dos sistemas de cablagens automóveis.

3.6 Principais clientes

A Leoni Portugal tem como principais clientes as empresas JCB, Caterpillar e AGCO, como se pode ver na Figura 9,mas também tem projetos com a Volvo e Cummins.

A CAT opera com a LP desde 1998 e a JCB desde 2000, sendo que para estas duas empresas produz cablagens para retroescavadoras, enquanto que para a AGCO, com a qual trabalha desde 2001, a empresa produz cablagens para tratores e máquinas agrícolas.



Figura 9- Principais clientes e modelos para os quais produz

3.7 Descrição geral do sistema de produção

Nesta secção faz-se uma breve descrição do sistema produtivo da empresa. Este encontra-se dividido em: armazém, corte de fio, corte de tubo, pré-confeção, linhas de montagem, teste elétrico, *braiding*,

foaming, inspeção, embalagem e expedição. Além disso, a produção encontra-se dividida em segmentos, onde são produzidas referências segundo cliente ou setor de comercialização. A esquematização do processo pode ser consultada no Apêndice I.

3.7.1. Armazém

No armazém é onde se inicia o processo produtivo com a entrada das matérias-primas. Após a sua chegada o material é descarregado e, consoante o tipo de material, é realizada uma inspeção pelos responsáveis da qualidade e depois devidamente encaminhado para a zona de armazenagem. As matérias-primas podem ser divididas em três categorias:

1. Bobines de fio de cobre – de várias secções e cores são armazenadas no armazém de fio
2. Bobines de tubo – de vários diâmetros e composições diferentes são armazenados no armazém de tubo
3. Componentes – auxiliares à montagem, ou seja, fusíveis, vedantes, conetores, resistências, díodos, entre outros, são armazenados no armazém geral e alimentam o SAEC (armazém de produção avançado) de acordo com a necessidade definida por um sistema de duas caixas.

Na Figura 10 é possível ver a vista do armazém, mas especificamente a zona de armazenagem de componentes.



Figura 10- Vista do armazém

3.7.2. Corte

O corte de fio e tubo é a primeira fase de transformação. O fio e tubo são cortados nas especificações pretendidas e quantidades necessárias, sendo colocados posteriormente em caixas devidamente

etiquetados e, em seguida, levados para a zona de *picking*, da qual serão depois encaminhados para a zona de pré-confeção ou montagem.

Parte da secção de corte pode ser visualizada na Figura 11, na qual se pode ver o sistema de armazenamento das ferramentas, a estante de fio e a máquina.

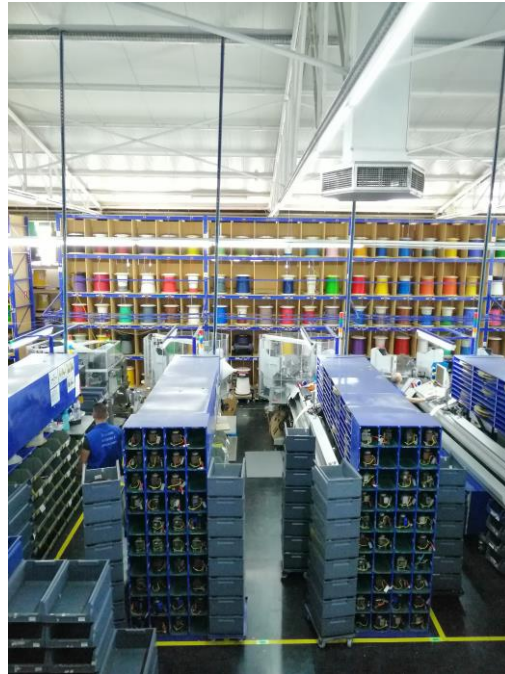


Figura 11- Vista da zona de corte

3.7.3. Pré-confeção

Na pré-confeção, os fios podem sofrer várias operações: cravação manual, união e torção.

A cravação manual é utilizada quando os terminais que o cliente requereu não permitem que seja feita durante a operação de corte ou quando o cliente assim o deseja. A operação união consiste na junção de fios através do aquecimento de uma manga - *shunts*. A torção é o entrelaçamento de fios formando um só – torcidos.

3.7.4. Linha de montagem

Após ser feito o segundo *picking*, o material é abastecido nos postos de trabalho pelas operárias designadas. A montagem é realizada segundo as instruções apresentadas na tábua de montagem que definem a disposição de todos os componentes, fios e tubos, ou seja, o *layout* da cablagem. É através de um sistema de carrossel, como ilustrado na Figura 12, que a montagem se procede.



Figura 12- Linha de montagem

3.7.5. Braiding

A operação de *braiding* consiste no entrelaçamento de fios vinil para obter uma malha de proteção em torno da cablagem. O entrelaçamento dos fios origina um revestimento uniforme, designado de *braiding* protegendo, no geral, contra ácidos, gasóleo e óleos e mantém a flexibilidade da cablagem quando submetido à gama de temperaturas das operações para a qual foi projetada.

3.7.6. Teste elétrico

O teste elétrico confere se existem anomalias no cabo, nomeadamente se existem trocas de pólos, terminais mal inseridos ou encaixados, falta de componentes, entre outros. É o teste final antes do embalamento para o cliente e o que confere a qualidade definida pela empresa. Na imagem seguinte (Figura 13) encontra-se um exemplo de um cabo em processo de teste elétrico.



Figura 13- Mesa de teste elétrico

3.7.7. *Foaming*

A operação de *foaming* consiste no preenchimento de determinadas zonas com a injeção de espuma e tem o propósito de proporcionar uma maior resistência contra altas temperaturas e também contra o choque. Após sofrer esta operação, o cabo precisa de passar outra vez pelo teste elétrico para garantir que nenhum terminal desencaixou ou que algum componente partiu.

A máquina de *foaming*, Figura 14, funciona através de um sistema de moldes que são trocados de acordo com a referência do cabo. É um processo crítico porque se não for bem realizado pode roubar cota em tramos de cota crítica e o cabo tem de ser sucitado na integra.



Figura 14- Máquina de foaming

3.7.8. Inspeção

A inspeção (Figura 15) ocorre após o teste elétrico, mas apenas para as referências que ainda não estão estabilizadas a nível de qualidade ou que a equipa de qualidade ache importante que assim seja.



Figura 15- Mesa de inspeção

3.7.9. Empacotamento

Após o teste elétrico ou inspeção a cablagem é embalada numa caixa com quantidade e forma de embalagem pré-definido pelo cliente.

3.8 Protótipos e amostras

Para que tudo corra bem quando as novas referências entram em linha, são produzidos previamente amostras e/ou protótipos. Durante este processo, o engenheiro encarregue do projeto está em contacto com o cliente e faz a transformação do desenho técnico do cliente para o CapH, ou seja, para um desenho detalhado que servirá de base para toda a produção. Para além do desenho, o engenheiro está encarregado de fornecer a documentação necessária e de realizar todas as mudanças necessárias, desde o *layout* da cablagem, acerto no comprimento nos fios, módulos, entre outros.

O processo de produção de protótipos e amostras é realizado em tábuas fixas, como se pode ver na Figura 16, que é uma das grandes diferenças com a produção realizada nas linhas de montagem.



Figura 16- Processo em tábua fixas do segmento 5

Após as amostras/protótipos estarem finalizados são enviados para o cliente e a partir daí, quando aprovado, são lançadas encomendas para entrar em processo de produção em série.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo é feita a descrição detalhada do segmento 3 e da secção de *braiding* onde se desenvolveu este projeto, onde são apresentadas as razões para este estudo, as operações realizadas, assim como o *layout* e fluxo de materiais. Posteriormente são também descritos e analisados os problemas identificados na secção recorrendo a algumas ferramentas de diagnóstico.

4.1 Descrição do Segmento 3

O segmento 3 está localizado no segundo pavilhão e produz cablagens para a secção de veículos comerciais, ou seja, maioritariamente para os clientes CAT, JCB e Cummins. O segmento 3 é composto por três linhas de montagem, zona de postos fixos, *braiding*, teste elétrico, inspeção e embalagem. A disposição destas subsecções pode ser visualizada na Figura 17, de salientar que delineada com a cor azul se encontra a secção de *braiding*.

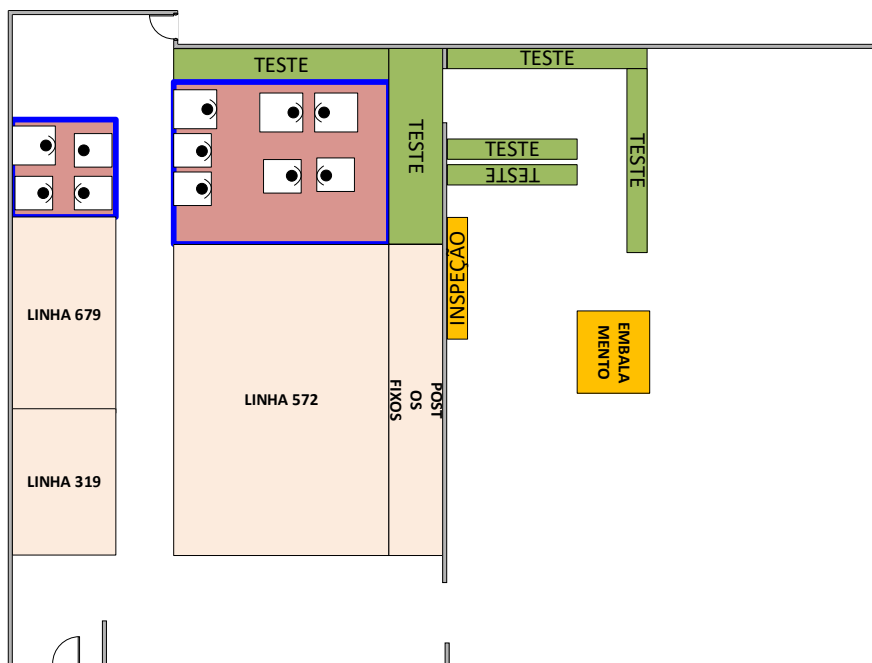


Figura 17- Layout do segmento 3

Cada linha de montagem e os postos fixos têm um chefe de turno responsável pelo cumprimento diário das seguintes tarefas: monitorizar as atividades e operações realizadas pelos operadores, garantir o bom funcionamento dos equipamentos e reportar a ocorrência de problemas ao líder de segmento. Os operadores do teste elétrico e inspeção estão inseridos nas equipas das linhas e como tal partilham o mesmo chefe de turno. O mesmo acontece com o *braiding* e os postos fixos, no entanto são

consideradas duas equipas distintas. O número de operadores alocados ao segmento podem ser consultados na *Tabela 3*, sendo que estes dados são referentes a janeiro de 2018.

Tabela 3- Número de operadores por secção/linha em cada turno

	1º Turno	2º Turno	3º Turno
Linha 679	21	-	-
Linha 319	19	-	-
Linha 572	39	-	-
Postos Fixos 328	22	-	-
Teste Elétrico/Atadores	14	10	-
Inspeção	3	2	-
Braiding	12	10	8

A secção de *braiding* opera em três turnos: das 6:00 horas às 14:30 horas, das 14:30 horas às 23:30 e das 23:30 horas às 6:00 horas. As linhas de montagem e postos fixos operam apenas num turno: das 8:00 horas às 17:00 horas. O teste elétrico, a inspeção e embalamento trabalham em dois turnos: das 8:00 horas às 17:00 horas e das 17:00 horas às 2:00 horas.

4.2 Descrição da secção de *Braiding*

Nesta subsecção é feita uma descrição detalhada da secção de *braiding*, sendo assim descrito o processo produtivo, ou seja, todas as entradas, processo e saídas. A secção de *braiding* é responsável pelo entrelaçamento de fio vinil nas cablagens, que varia de acordo com a referência que se está a processar.

4.2.1. Fatores de produção

Os fatores de produção são elementos fundamentais e indispensáveis para o processo produtivo, nomeadamente as matérias-primas e componentes, maquinaria e equipa.

4.2.1.1 Matérias-primas e componentes

No setor do *braiding* entram as cablagens provenientes das linhas de montagem e postos fixos e o fio de vinil proveniente do armazém de fio. As cablagens são diversificadas e são produzidas segundo o planeamento semanal, ou seja, a quantidade de referências diferentes varia todos os dias. Cada referência de cablagem apresenta um *layout* característico no qual difere a disposição dos tramos (entende-se por tramos as ramificações da cablagem) mas também componentes, tipo de fio, terminais, etc.

Para o *braiding* podem ser utilizados fios de vinil (Figura 18) com diâmetros diferentes (0.7mm e 1.00mm), cores e classes de temperatura (baixa e alta temperatura) diferentes em função dos requisitos do cliente.



Figura 18- Exemplo de dois cones de fio vinil - ambos têm fio com 1.0 mm de diâmetro, mas cores diferentes

4.2.1.2 Maquinaria

No processo de *braiding* utiliza-se o modelo de máquina Cobra 450 de dois tipos diferentes: máquinas de 24 canelas e máquinas de 32 canelas. A secção de *braiding* é composta por 4 máquinas de 32 canelas e 7 máquinas de 24 canelas.

Na Figura 19, encontra-se um exemplo de uma Cobra 450 de 32 canelas, modelo este utilizado na Leoni na secção de *braiding* em estudo.



Figura 19- Cobra 450 de 32 canelas (Cobra Braiding Machines UK)

A determinação da máquina a usar é definida internamente, tendo como referência o diâmetro dos tramos. A malha é criada através do movimento de rotação das canelas que entrelaça os fios dos cones. É possível ver em pormenor este sistema na Figura 20 e Figura 21.



Figura 20- Interior de máquina com 24 canelas



Figura 21- Pormenor do sistema de funcionamento de rotação das canelas

4.2.1.3 Equipa

Como foi mencionado na descrição do segmento 3, a secção de *braiding* é composta por 30 operadores organizados em três turnos. No primeiro turno, além dos operadores alocados às máquinas, há um abastecedor que faz a distribuição das cablagens que saem das linhas e as coloca nas respetivas máquinas, e no fim do processo, as encaminha para o teste elétrico. No segundo e terceiro turno, essa função é desempenhada por um operador que esporadicamente faz a distribuição para o teste elétrico.

A nível de formação para desfazer *braiding*, compreende-se como tal, o ato de utilizar uma ferramenta para o alargamento e corte de fios para desfazer a malha, estão habilitados 2 operadores do primeiro turno, 1 do segundo e 1 do terceiro.

4.2.2. Processo produtivo e *layout*

Esta secção apresenta o *layout* da secção de *braiding* em que é descrita a disposição da maquinaria existente. É também apresentado o processo produtivo no qual é descrito o processo de *braiding* do início ao fim, sendo explicadas as várias possibilidades de operação de acordo a marcação e cliente.

4.2.2.1. *Layout*

A secção de *braiding* está dividida em duas zonas, pois não há espaço para que as máquinas estejam todas no mesmo local, no entanto trabalham em conjunto. Na zona representada na Figura 22, estão 3 máquinas de 24 canelas e 1 de 32 canelas. Na outra zona, representada na Figura 23, estão um total de 7 máquinas, das quais 4 são de 24 canelas e 3 são de 32 canelas.



Figura 22- Zona 1 da secção de braiding



Figura 23- Zona 2 da secção de braiding

Para melhor compreender a disposição das máquinas é apresentado, na figura seguinte (Figura 24), o *layout* da secção, assim como a disposição das máquinas de cada tipo (24 ou 32 canelas). Estas zonas são separadas por um corredor e têm uma área total de 67m².

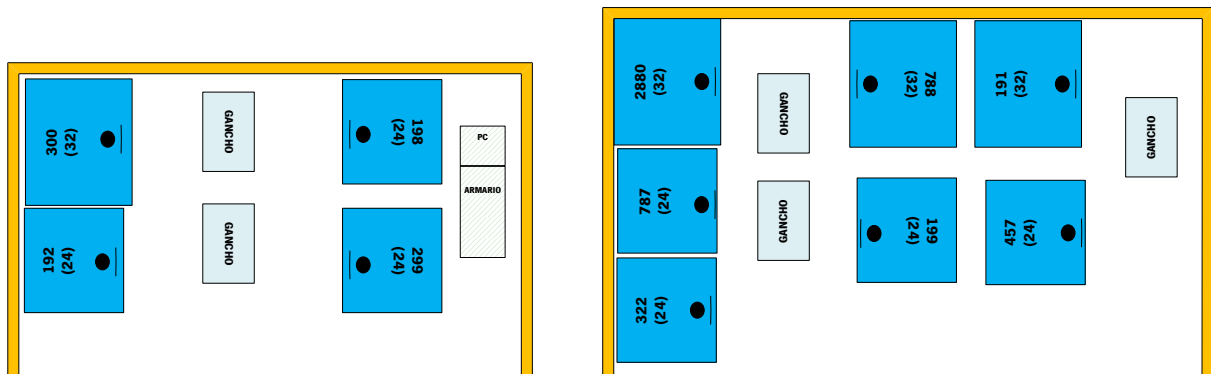


Figura 24- Disposição das máquinas da secção de braiding

4.2.2.2. Processo produtivo

A operação de *braiding* varia de referência para referência e de acordo com as especificações do cliente segue determinadas normas que devem ser respeitadas. Para dar início ao processo o operador precisa de registar o cabo no LPMCS, através da leitura do código de barras da etiqueta de identificação do cabo, como é demonstrado na Figura 25.

De seguida, o operador necessita de identificar as fitas (cores) nas saídas e tramos para a seleção do fio de *braiding*, e reconhecer o percurso que tem de fazer, iniciando pelas saídas mais pequenas.

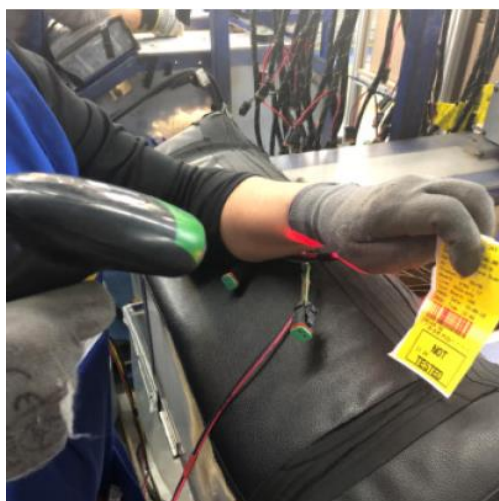


Figura 25- Leitura da etiqueta de identificação do cabo

Para que a cablagem possa ser montada pelo cliente no veículo, foram definidas fitas de marcação com cores, sendo que o não cumprimento da instrução de trabalho leva a problemas de dimensionamento e disposição errada dos tramos. A aplicação das fitas de marcação dá-se no momento de montagem e servem para:

- Início e o fim da área com *braid*;
- Alerta para cruzamentos;
- Tipo de máquina a utilizar;
- *Braiding* reforçado;
- Toque de fita de fixação;
- *Braiding* duplo;
- Tipos de fio vinil a usar (exemplo: diâmetro e temperatura)

A codificação do tipo de *braiding* a utilizar no *braiding* pode ser consultada no Anexo I. Para cada cor e espessura de fita tem a descrição do propósito para o qual terá de ser usada, qual o tipo de *braiding* que lhe corresponde e para que clientes é que se pode utilizar. Na Figura 26 é possível ver um exemplo de como a marcação é utilizada como referência para indicar o início do *braiding*.

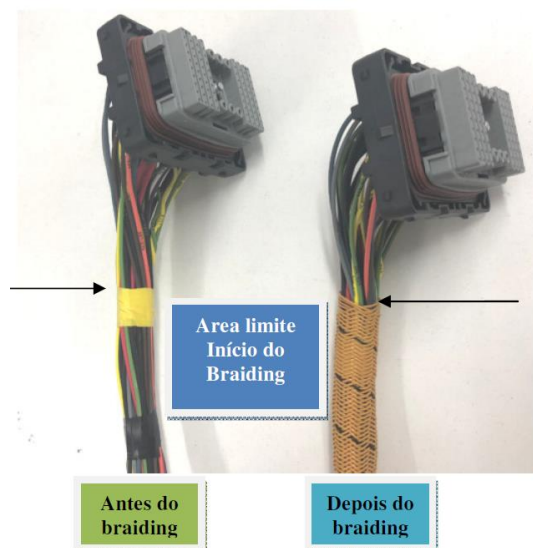


Figura 26- Exemplo do antes e depois da aplicação do braiding

Assim como está identificado no tramo o local onde se dará o início da aplicação do *braiding*, também está o fim. Nas imagens seguintes (Figura 27 e Figura 28) está esquematizado o antes e o depois, mostrando como as fitas de cor azul celeste de 19mm de espessura, indicam que o cabo levará *braiding* preto de baixa temperatura, nos tramos que o cliente pretende.

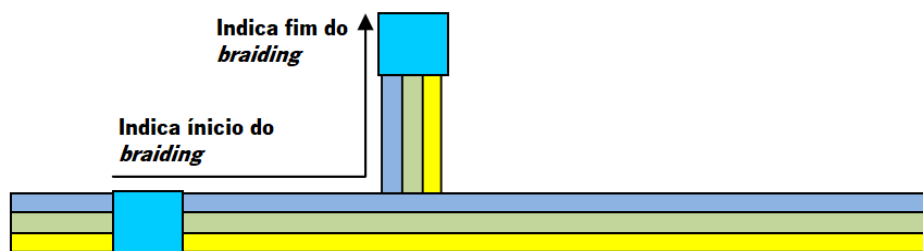


Figura 27- Esquematização da utilização das fitas para indicação do início e fim da aplicação de braiding

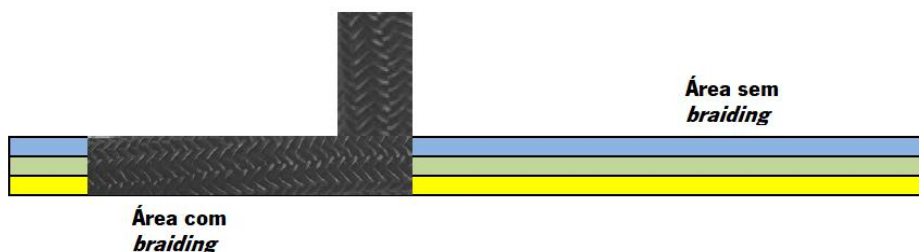


Figura 28- Aplicação do braiding segundo a figura 24

Para que os cruzamentos sejam mantidos é utilizada fita cinzenta ou laranja, que é utilizada como alerta para o operador, tendo como objetivo não juntar ou arrastar o tramo a outros, respeitando o

layout e mantendo assim a orientação das saídas. Na Figura 29 e Figura 30 é possível ver uma exemplificação.

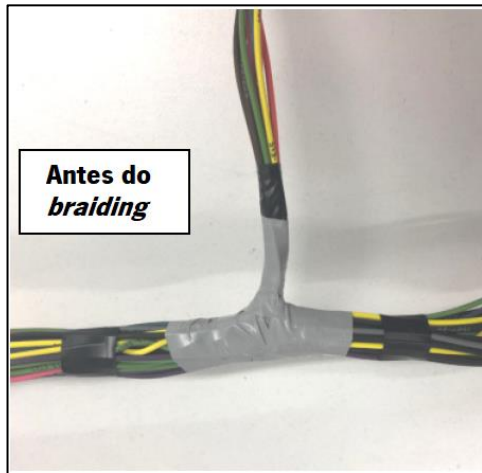


Figura 29- Cruzamento antes do braiding

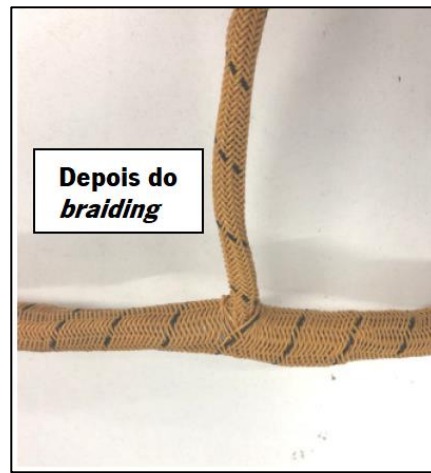


Figura 30- Cruzamento após braiding

Dependendo do diâmetro dos tramos, a cablagem pode ter que passar apenas pela máquina de 32 canelas ou primeiro pela de 24 e depois 32 canelas. Para estes casos, todos os tramos que tenham de ser processados na máquina de 32 têm de ter uma marcação lilás além da marcação de início e fim, como se pode ver na Figura 31.

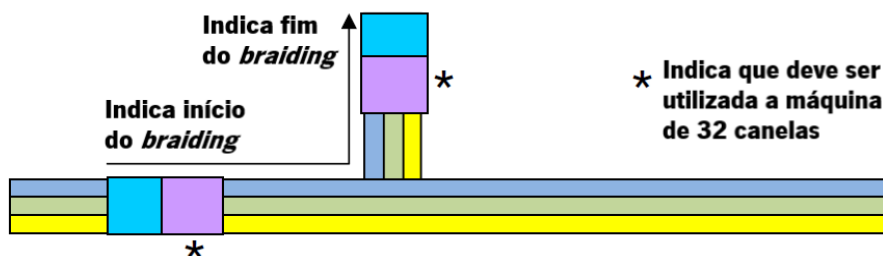


Figura 31- Exemplo da utilização da marcação lilás

Em certas ocasiões o cliente exige *braiding* reforçado, ou seja, entende-se por reforçado a aplicação de 4 camadas sucessivas de *braiding*. A indicação é dada ao operador através da presença da marcação em ziguezague ao longo do comprimento que o cliente deseja, que é possível ver como exemplo na Figura 32.

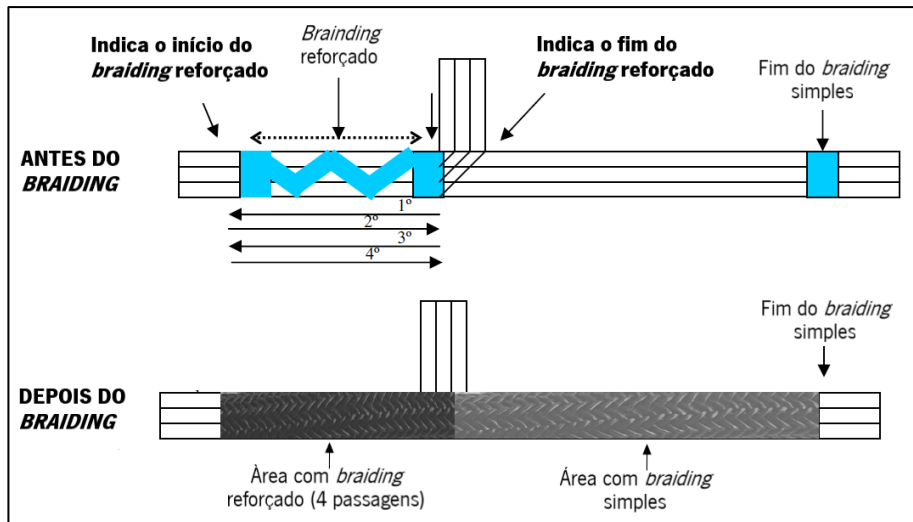


Figura 32- Utilização da marcação em ziguezague como indicação de braiding reforçado

A finalização com *braiding* duplo é outra das opções a que o cliente recorre durante o *design* da cablagem. Este tipo de finalização, como o próprio nome sugere, consiste na aplicação de duas camadas de *braiding*. O primeiro exemplo que se segue, ilustrado na Figura 33, tem como indicação de utilização a marcação castanha na saída pretendida ao lado da marcação de finalização.

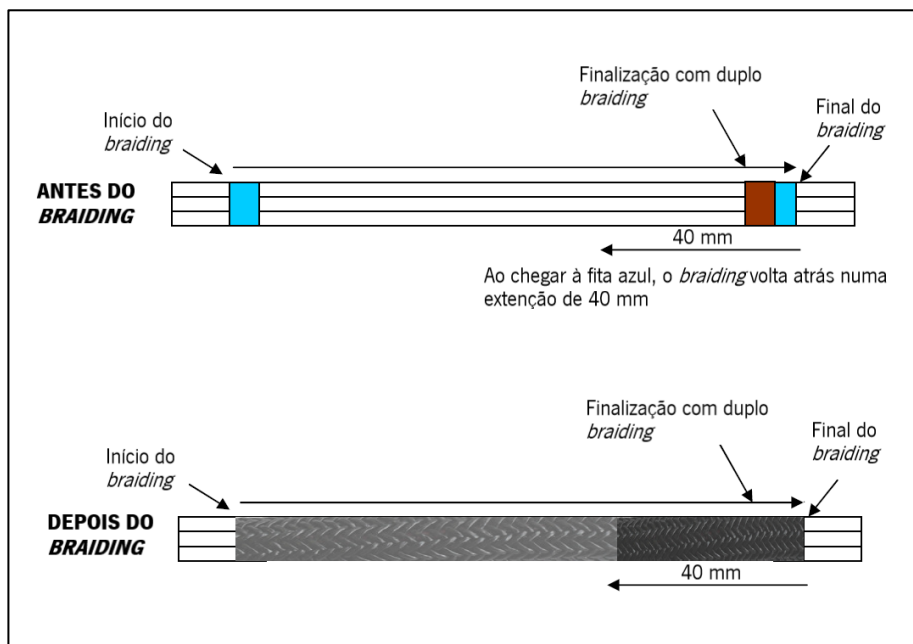


Figura 33- Braiding duplo utilizando marcação castanha

No segundo exemplo, como mostra a Figura 34, a extensão do tramo entre as fitas de marcação do início e fim é toda coberta por *braiding* duplo. Na cablagem é aplicada a fita de cor numa extensão de 50 mm no início e fim do tramo sendo desta forma que o operador identifica a operação a aplicar no tramo.

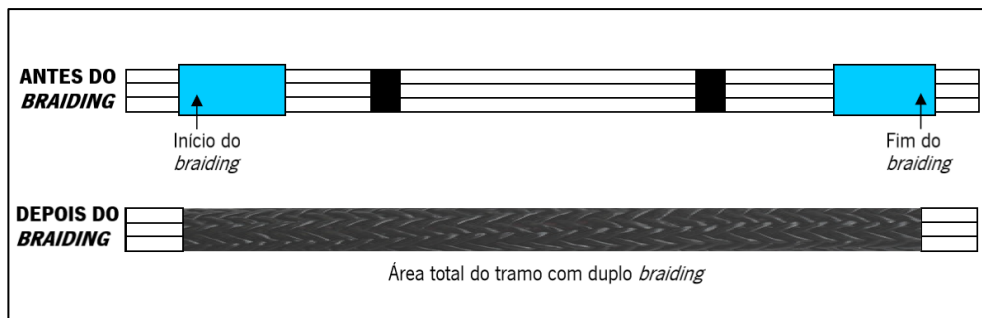


Figura 34- Braiding duplo na área total do tramo limitada pelas fitas de início e fim

O *braiding* duplo também pode ser aplicado numa extensão específica da cablagem. Como a Figura 35 ilustra, o *braiding* inicia-se num ponto à escolha pelo cliente e segue até à marcação da direita, sendo que posteriormente refaz o caminho para trás (aplicando a segunda camada de *braiding*) até à marcação de fim (no lado esquerdo), sendo que entre o ponto de referência e a marcação de fim apenas é aplicada uma camada.

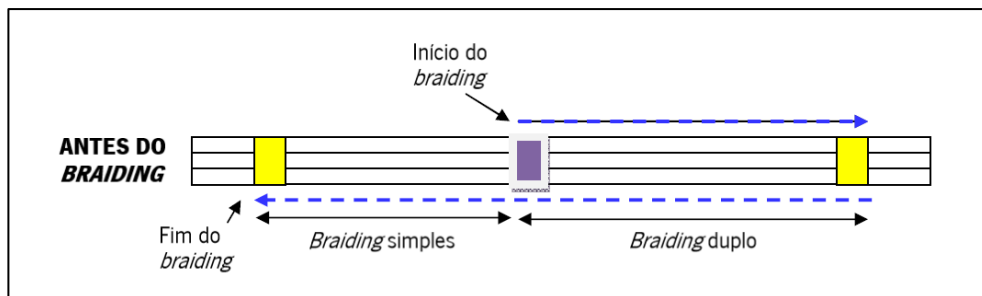


Figura 35- Braiding duplo numa extensão específica

De forma a manter os fios na correta disposição, evitando que o *braiding* fique largo ou torcido após a sua aplicação, são dados toques de fita PVC de cor preta. Estes toques de fita também são aplicados durante a operação de montagem na linha e a sua colocação é espaçada, sendo a distância entre toques de fita de 125mm a 250mm.

Após finalizado o *braiding*, os fios são queimados com um ferro próprio (Figura 36) que os derrete e une para que este não se desfaça. Por fim são colocados no gancho até à recolha pelo abastecedor.



Figura 36- Ferro elétrico

4.3 Valores atuais dos indicadores de desempenho

Para medir o desempenho da secção de *braiding*, a empresa utiliza um indicador designado de eficiência. Para o seu cálculo é considerado o tempo total de produção diário e o tempo total de presença (equação 7).

O tempo de total de produção corresponde ao tempo que o operador esteve efetivamente a produzir e é calculado através do registo dos cabos no sistema de gestão da produção. O tempo total de presença corresponde ao tempo que o operador esteve presente na secção, ou seja é contabilizado o tempo desde o momento em que dá entrada no sistema até que sai.

$$Eficiência = \frac{Tempo\ total\ de\ produção}{Tempo\ total\ de\ presença} \times 100 \quad (7)$$

Nas tabelas 4 e 5 estão os valores indicativos da eficiência referentes ao ano de 2018. Como se pode verificar os valores oscilam muito, havendo meses com a eficiência aproximadamente nos 40% e meses com eficiência perto do 80%, chegando a atingir os 88% em outubro.

Tabela 4- Eficiências de Janeiro a Junho de 2018 (%)

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Eficiência	67,6	38,1	36,7	74,2	78,4	76,9
Nº Operadores	14	16	16	17	19	19

Tabela 5-Eficiências de Julho a Dezembro de 2018 (%)

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Eficiência	73,4	68,3	72,0	88,1	79,6	74,1
Nº Operadores	22	22	23	31	31	31

4.4 Análise crítica e identificação dos problemas

Nesta secção é efetuada uma análise crítica ao sistema atual, onde são apresentados os problemas da secção de *braiding* do segmento 3.

O diagnóstico do sistema produtivo foi realizado com recurso à análise ABC, análise multi momento, análise de documentação, realização de levantamento de dados e a nível ergonómico foi utilizado o métodos REBA. Além disso, conversas com os trabalhadores também ajudaram à identificação de certos problemas.

4.4.1. Seleção da família a estudar - Análise ABC

A Leoni é uma empresa que apesar de ter apenas alguns clientes, produz uma vasta quantidade de referências diferentes que alimentam projetos diferentes para cada um deles. Como tal, nem todas as referências têm a mesma importância, por isso foi necessário realizar uma análise ABC para identificar as cablagens que trazem mais lucro à empresa sendo, portanto, o foco do estudo. Visto que o estudo é na secção de *braiding* do segmento 3, a análise ABC é feita com os dados referentes às cablagens que neste segmento são montadas e que passam pela operação de *braiding*. Posto isto, foram identificadas 211 referências. Esta análise contempla os valores retirados da Tabela 18, que serviu de suporte para a realização desta análise e encontra-se no Apêndice II.

É possível verificar que aproximadamente 85% das vendas correspondem a cerca de 21% das referências – classe A (45 referências). A classe B abrange cerca de 27% das referências (57 referências), sendo que correspondem a 12,16% das vendas. Por fim, a classe C onde estão compreendidas as restantes 109 referências que correspondem a vendas insignificantes ou nulas.

Visto que o cliente que predomina e abrange uma maior percentagem das vendas é a CAT, o foco deste projeto foram as referências de cablagens correspondentes a este cliente.

4.4.2. Identificação das atividades que não acrescentam valor

Um dos objetivos deste projeto é a redução do tempo desperdiçado em operações desnecessárias que não acrescentam valor ao produto. Para tal, decidiu-se recorrer à análise multi momento de forma a identificar essas atividades e a quantificar em percentagem o tempo que se utiliza na sua execução. Esta ferramenta consegue, através de várias observações durante um período de tempo, mostrar as perdas de um determinado posto de trabalho.

Para este estudo foram considerados dois dos três turnos, no entanto apenas um período de tempo de 8h, mais precisamente 6h do primeiro turno e 2h do segundo. Devido à produção de uma grande variedade de referências e ao facto de que o processo é constante entre referências, variando apenas o número de tramos e a quantidade de fitas de auxiliares ao posicionamento posteriormente no cliente, decidiu-se não avaliar apenas uma referência, mas sim o dia-a-dia da secção considerando a operação de *braiding* no geral. Este estudo encontra-se no Apêndice III, sendo que na Tabela 6 se encontra o resultado final desta análise.

Tabela 6– Resultado da análise multi momento

Atividade	% Tempo
<i>Braiding</i>	38,2%
Marcações(verde/azul)	1,1%
Finalizar cablagem (queimar fios)	0,8%
Etiquetagem	1,9%
Manuseamento da cablagem	19%
Setup	3,3%
Colocar bandagem extra	12,9%
Comunicação	3,9%
Máquina parada	10,7%
Operador Ausente	1,9%
Transporte/Deslocações	4,9%
Procurar	0,3%
Esperas	0,3%
Abrir <i>braiding</i>	0,5%
Retroceder máquina	0,5%

Através da análise dos resultados é possível verificar que apenas 38,2% do tempo é utilizado a realizar efetivamente a operação de *braiding* e que a percentagem total de atividades que acrescentam valor chega a 40,1%, sendo que na tabela estão representadas pela cor verde. Quanto a atividades que não acrescentam valor (representadas na tabela pela cor amarela), mas são necessárias, a percentagem de tempo total gasto é de 20,9%, de salientar que a percentagem mais alta é relativa ao manuseamento da cablagem, ou seja, todos movimentos de ajuste e de troca de tramos durante o processo.

Por fim, a percentagem de atividades que não acrescentam qualquer valor ao produto estão representadas pela cor vermelha - tem um valor de 39,2%. Destas atividades sobressaem a colocação de bandagem extra – retrabalho - e a paragem da produção por falta de operador para a máquina devido ao absentismo.

4.4.3. *Layout* desadequado

Quando se iniciou este projeto, a secção de *braiding* tinha passado para um novo pavilhão recentemente e a nova disposição das máquinas não tinha sido estudada. Os problemas identificados relativamente à área de trabalho da secção de *braiding* é o subaproveitamento e desorganização do

espaço e distância percorrida pelo distribuidor, havendo também sobreposição de fluxos e mistura entre produto sem *braiding*, produto em curso e produto pronto para teste.

Na Figura 37 é possível observar uma das configurações utilizadas e fluxos de material representados por setas, mostrando os possíveis caminhos quando a cablagem precisa de passar também pelo processo na máquina de 32 canelas. As cores azul, vermelho e amarelo significam o tipo de *braiding* associado à máquina de acordo com a tabela de representação das marcações que se encontra no Anexo I.

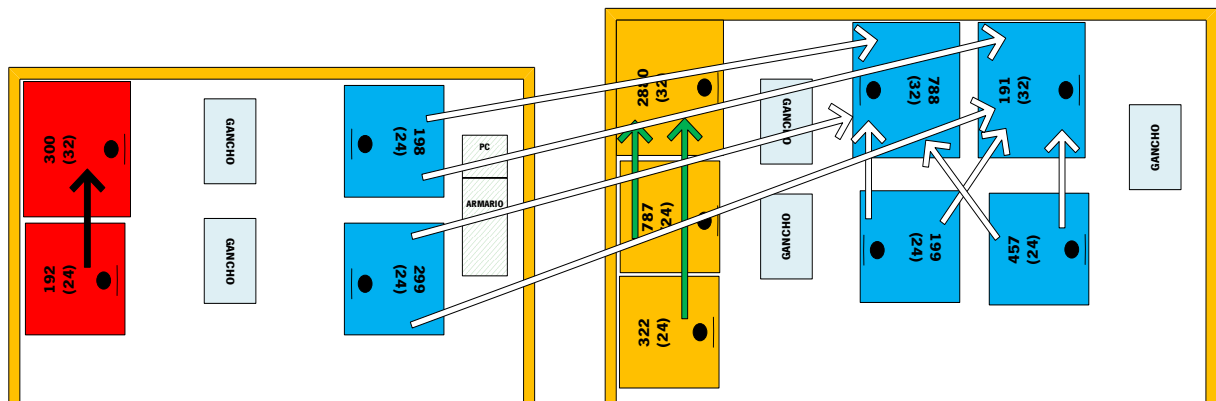


Figura 37- Layout e possibilidade de fluxo das referências segundo a configuração alinhada

4.4.4. Incumprimento da instrução do processo

Um dos problemas encontrados quando se fez o cruzamento entre as atividades descritas na instrução de trabalho e o processo em si, foi a falta de aplicação da marcação de identificação dos tramos que têm de ser processados nas máquinas de 32 canelas. Esta marcação deve ser inserida no projeto aquando do seu desenvolvimento nas amostras/protótipos, o que não está a ser feito. Posto isto, quando a cablagem chega ao operador, este tem de “perceber” que tramos estão destinados a cada máquina.

Além da marcação não estar a ser introduzida, o tempo está a ser considerado no LPQS (programa de cotação) como apenas uma operação e não duas, no caso de o cabo ter de ser processado em máquinas de 24 e 32 canelas, não havendo divisão. Este problema torna o processo variável, visto que nem todos os operadores processam os tramos da mesma referência nas mesmas máquinas.

Com recurso à lista geral de cabos foi possível verificar que em produção, para o segmento 3, estão alocadas 66 referências ativas, sendo que 15 só são processadas na máquina de 32 canelas e as restantes nas duas máquinas.

4.4.5. Tempo despendido em *setup*

Entende-se por *setup* a mudança dos cones de fio na máquina devido à necessidade de troca de tipo de *braiding* ou devido ao fim dos rolos. Quando é necessário realizar um *setup*, o operador afeto à máquina tem de abrir no sistema o programa e dar início ao registo e mudança dos rolos. Da consulta dos registos relativamente ao ano de 2018, obteve-se os resultados presentes na Tabela 20 e Tabela 21 do Apêndice IV.

Além da contagem do número de *setups* realizados no ano de 2018, também se fez um levantamento de tempo despendido a realizar *setup* referente a algumas das máquinas e que pode ser consultado na Tabela 22 do Apêndice IV.

O tempo médio registado para as máquinas de 24 foi de, aproximadamente, 19 minutos e para a máquina de 32 canelas de 23 minutos. Com estes valores e com os valores apresentados na Tabela 20 chega-se assim ao tempo total mensal despendido para cada tipo de máquina, sendo assim apresentados na Tabela 7.

Tabela 7- Tempo aproximadamente despendido por mês no setup (minutos)

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
24	3398	2400	3245	4070	3955	2150
32	2211	2165	3201	3178	2948	1819

4.4.6. Problemas ergonómicos e de segurança

De modo a compreender se os operadores de *braiding* adotam uma postura correta devido à sua exposição ou não a dificuldades ergonómicas, utilizou-se a ferramenta REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) para realizar esta análise. Avalia assim o esforço que os membros superiores e os inferiores realizam, assim como também do tronco e cabeça.

A avaliação ergonómica nesta secção incidiu na operação de *braiding* porque é a operação que ocupa a maior parte do tempo e é realizada por todos os operadores. Esta análise encontra-se no Apêndice V. Neste apêndice encontra-se o estudo realizado a dois dos operadores (o estudo foi realizado à secção, mas escolheu-se apresentar apenas dois operadores a título de exemplo), sendo que as pontuações obtidas estão nos intervalos referentes aos níveis de risco médio e alto, o que implica a necessidade de tomar ações corretivas com brevidade.

Em conversa com os operadores e a equipa de gestão da secção, concluiu-se que as lesões que ocorrem com mais frequência são tendinites nos pulsos, cotovelos e ombros, inflamação das articulações dos joelhos e anca e problemas na zona cervical.

Além dos problemas ergonómicos foram observados problemas relativos à segurança dos operadores da secção durante a análise do espaço de trabalho como se pode ver na Figura 38. Neste caso é possível ver que os tapetes ergonómicos estão soltos ou até inexistentes e a inutilização da lona que leva à proteção da cablagem podem pôr em causa não só a segurança do operador, assim como podem comprometer a qualidade do produto.



Figura 38- Tapetes soltos e inutilização da lona

4.4.7. Existência de defeitos e elevado tempo de resolução dos mesmos

Quando a cablagem chega à mesa de teste elétrico podem ocorrer três situações: a cablagem estar *OK* e segue para embalagem, a cablagem tem defeito, mas pode ser resolvido pelo operador de teste e a cablagem tem defeito, mas tem de voltar atrás no processo sendo que, no caso de o cabo ter *braiding*, é necessário que seja desfeito numa certa extensão ou na totalidade para corrigir o erro.

Os defeitos são registados no sistema de gestão da produção quando passam no teste elétrico, mas a origem do defeito não é registada, apenas o tipo de defeito que foi verificado. Como tal, para perceber

a origem da perda de tempo em retrabalho foi feito um levantamento, durante 14 dias, das causas para desfazer o *braiding*, ou seja, cada vez que os operadores encarregados realizassem essa operação tinham de registar o tipo de não-conformidade e se era um erro de montagem da linha ou da secção de *braiding*. Os resultados deste levantamento podem ser consultados na Figura 39.

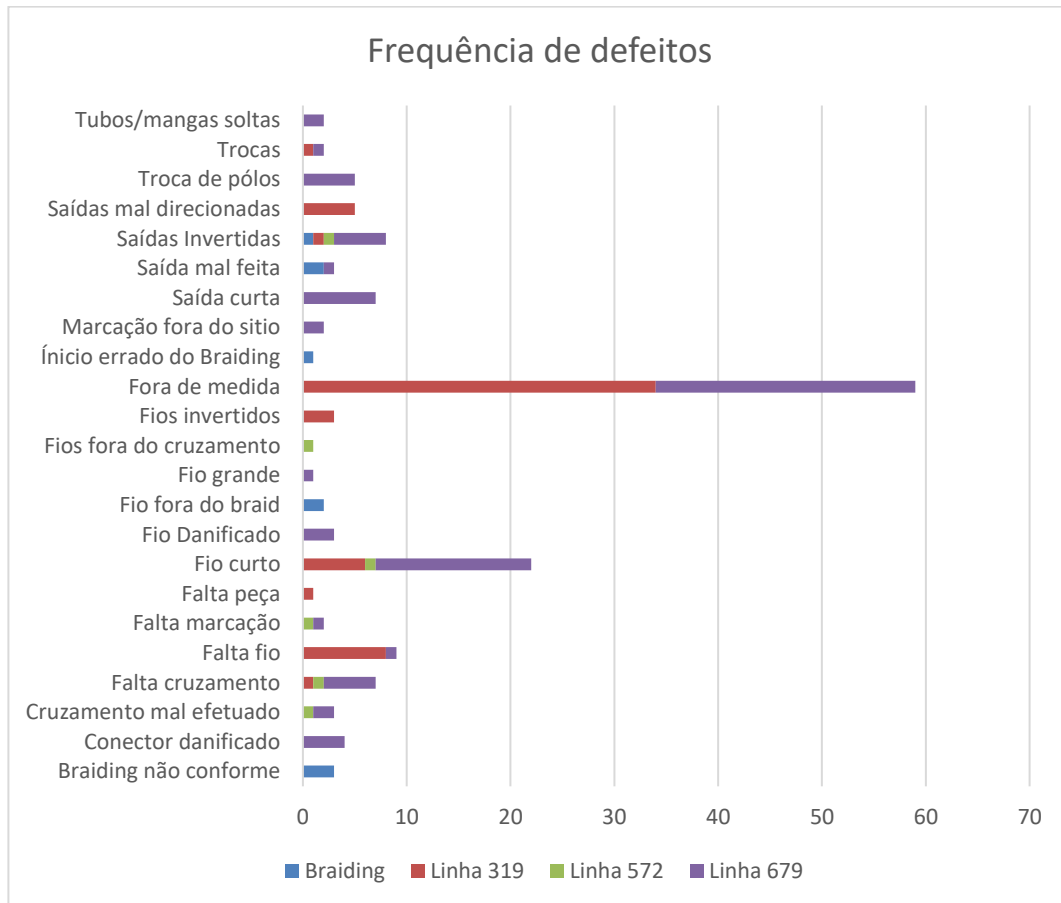


Figura 39- Frequência do tipo de defeitos por origem

Como é possível ver no gráfico o defeito mais frequente é a dimensão dos tramos fora de medida e logo a seguir o comprimento curto dos fios. Também é possível verificar que a maioria dos defeitos se devem a erros realizados durante a montagem, mais especificamente, na linha 679.

O tempo de resolução depende do tipo de defeito, do local onde foi produzido e da complexidade do *layout* da cablagem. Por exemplo quando o problema se trata de um fio curto, toda a extensão de *braiding* por onde o fio passa tem de ser desfeita (por vezes até mais por causa dos cruzamentos), para que este seja posteriormente retirado e substituído por um *dummie*, ou seja, pode ser algo rápido resolvido em 5 minutos como pode demorar 30 minutos ou mais por cabo. Caso seja uma troca em série o operador fica várias horas a reverter o problema, o que resulta num decréscimo da produtividade.

4.4.8. Dificuldade no abastecimento das cablagens

As cablagens após o fim da sua montagem na linha são colocadas num carrinho para serem transportadas até à secção de *braiding* e depois são distribuídas pelos ganchos das máquinas onde serão processadas.

No *layout* atual além de não existir um gancho para cada máquina, o mesmo gancho é utilizado entre máquinas de diferentes tamanhos de *braiding* o que resulta na mistura produto em diferentes fases do processo. Além disto, como se pode ver na Figura 40, os ganchos acabam por ficar sobrecarregados o que dificulta a organização por referência, levando a que o operador que faz a distribuição misture referências diferentes e acabe por ter de utilizar caixas.

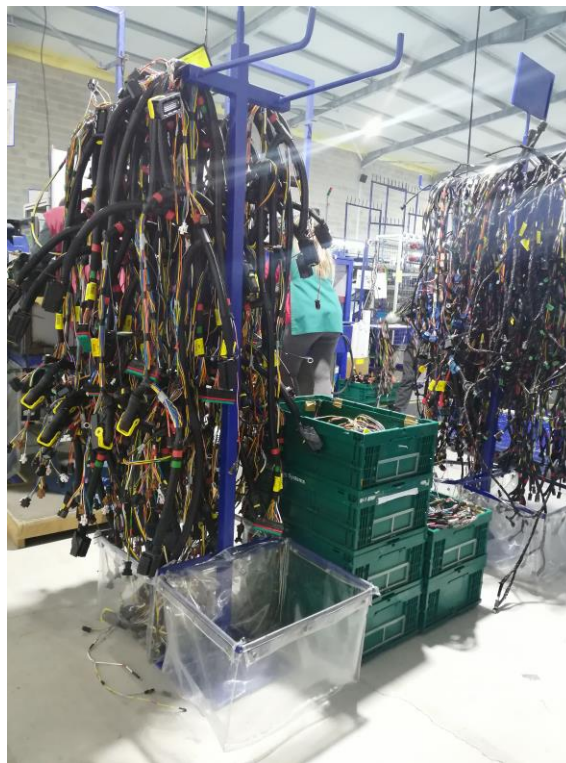


Figura 40- Ganchos utilizados no braiding

4.4.9. Falta de gestão visual e 5S

Durante a análise do sistema produtivo, uma das dificuldades encontradas foi perceber que referências é que os operadores se encontravam a fazer. Na secção não existe nenhum indicador visual, que informe, o que cada operador está a fazer nem que tipo de *braiding* está em cada máquina. Para além disto, os ganchos onde se coloca os cabos não estão devidamente identificados e as indicações do local de armazenamento das fitas e material variado estão degradadas como é possível ver na Figura 41 e Figura 42.

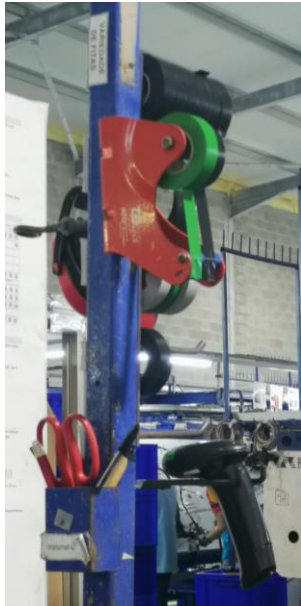


Figura 41- Marcação de material variado degradadas

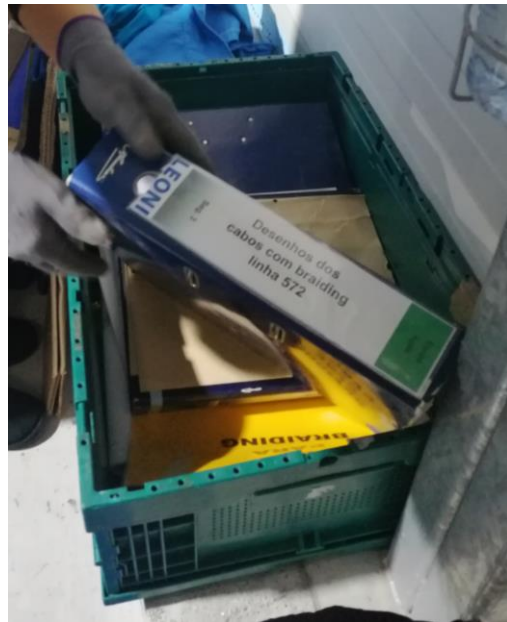


Figura 42 - Desenhos de ajuda com layout do cabo sem local de acesso rápido

Também é possível verificar a inexistência de um local para guardar os estrados (Figura 43) que cada operador utiliza durante o turno em que opera, deixando no fim da sua utilização encostados à máquina ou obstruindo a passagem, comprometendo assim a segurança de todos.



Figura 43 - Tapetes ergonômicos não seguros e cabos no chão

Os protótipos/amostras de cablagens que seguem para o segmento 3 para a operação de *braiding* têm uma folha de acompanhamento que os distingue do resto da produção, no entanto, no meio de tantas referências facilmente se “perdem”.

4.4.10. Reduzida polivalência dos operadores

Os operadores de *braiding* têm pouca polivalência, ou seja, embora a formação de *braiding* seja transversal a todos, nem todos os operadores trabalham em qualquer máquina ou fazem todas as referências. Além disso, nem todos os operadores têm a formação para desfazer *braiding* em caso de erro ou necessidade de retrabalho, sendo que quando acontece têm de chamar alguém com tal formação. Este problema leva a que a produtividade baixe caso alguém falte e não haja ninguém disponível para preencher a posição.

4.4.11. Síntese dos problemas identificados

Após a análise, identificação e descrição dos problemas da secção de *braiding*, foi elaborada uma síntese dos problemas como se pode observar na Tabela 8. Aqui são identificados os problemas, as suas consequências e o tipo de desperdícios associados.

Tabela 8- Síntese dos problemas identificados

	Problemas	Tipo de desperdício
Atividade que não acrescentam valor	- Perda de tempo e produtividade devido à realização de atividades que não acrescentam valor ao produto	- Sobre processamento - Movimentações - Transporte
<i>Layout</i> desadequado da secção	- Elevadas movimentações dos operadores para procurar as cablagens para a sua máquina	- Movimentações - Transporte - Defeitos
Incumprimento da instrução de trabalho	- Podem ocorrer defeitos devido à variabilidade do processo	- Defeitos
Elevado tempo despendido em <i>setup</i>	- Elevado tempo despendido na troca dos rolos nas máquinas	-Esperas
Problemas ergonómicos e de segurança	- Lesões musculoesqueléticas e acidentes de trabalho	-Defeitos -Não aproveitamento do potencial humano
Existência de defeitos e elevado tempo de resolução	- Necessidade de retrabalho nas cablagens com defeito	-Esperas
Dificuldades no abastecimento das cablagens	- Perda de tempo na distribuição e armazenamento das cablagens	-Esperas -Movimentações -Transporte
Falta de gestão visual e 5S	- Elevado tempo de procura de material	- Movimentações - Esperas
Reduzida polivalência dos operadores	- Perda de produtividade caso algum operador falte	- Não aproveitamento do potencial humano

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas propostas de melhoria relativamente aos problemas descritos no capítulo anterior. Na Tabela 9 estão sumarizadas as propostas de melhoria com recurso à ferramenta 5W2H.

Tabela 9- Plano de ações das propostas de melhoria- 5W2H

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Bandagem em espiral nos cabos da CAT	Bandagem em toques de fita origina retrabalho	Renegociação e acordo com o cliente; Envio de amostras ao cliente	Engenharia de produto Cotações Equipa Seg. 3 Mariana Menezes	Segmento 3	Março 2019	-
Aplicação da ferramenta SMED	Elevado tempo de setup	Redução do tempo de setup com aplicação da ferramenta SMED	Mariana Menezes	Secção <i>Braiding</i>	Abril 2019	-
Introdução de estratégias de gestão visual e 5S	Falta de identificação das referências e do tipo de <i>braiding</i> em cada máquina	Criação de quadro; Organização geral da secção;	Equipa Seg. 3 Mariana Menezes	Secção <i>Braiding</i>	Março e Abril 2019	-
Nova lona de apoio	Elevadas movimentações; Fraca ergonomia	Design e implementação da nova lona	Equipa Seg. 3 Mariana Menezes	Secção <i>Braiding</i>	Abril 2019	400 UM
Implementação de sistemas <i>poka-yoke</i>	Não existem sistema de prevenção	Sistema de controlo de pedal e contagem de rotações	PPE Equipa Seg. 3 Mariana Menezes	Secção <i>Braiding</i>	Abril 2019	-
Criação e mudança do <i>layout</i>	Desorganização geral da secção	Estudo do <i>layout</i>	Mariana Menezes Herculano Fernandes	Secção <i>Braiding</i>	Fevereiro e Março 2019	285 UM

Estas propostas são detalhadamente explicadas nas secções seguintes.

5.1 Simplificação do processo de bandagem e melhorias no apoio ao *braiding*

Nesta secção serão descritas as melhorias referentes à implementação do uso da fita PVC em espiral e da proposta da nova lona de apoio. Estas soluções pretendem reduzir o tempo relativo a atividades que não acrescentam valor.

5.1.1 Bandagem em espiral nos cabos da CAT

Após a análise do porquê do tempo gasto em retrabalho determinou-se que a causa deste desperdício é o reforço da aplicação da fita PVC como, por exemplo, nos cruzamentos e extensões de cabos grandes. As especificações do cliente CAT indicam que têm de ser aplicados toques de fita, a cada 150mm \pm 50 mm, de forma a que o cabo não perca a maleabilidade.

A proposta apresentada ao cliente CAT foi a de trocar estes toques de fita por aplicação da fita PVC em espiral (Figura 44), mostrando que a maleabilidade se mantém. Ajuda assim a manter os fios no sítio impedindo que ao realizar o *braiding* surjam situações, como por exemplo, laços de fio fora ou malha torcida.

O teste será realizado em projetos na fase de amostra/protótipos e será implementado quando estes projetos entrarem em produção na linha. O primeiro projeto de validação é o *TrinityC* BHL.

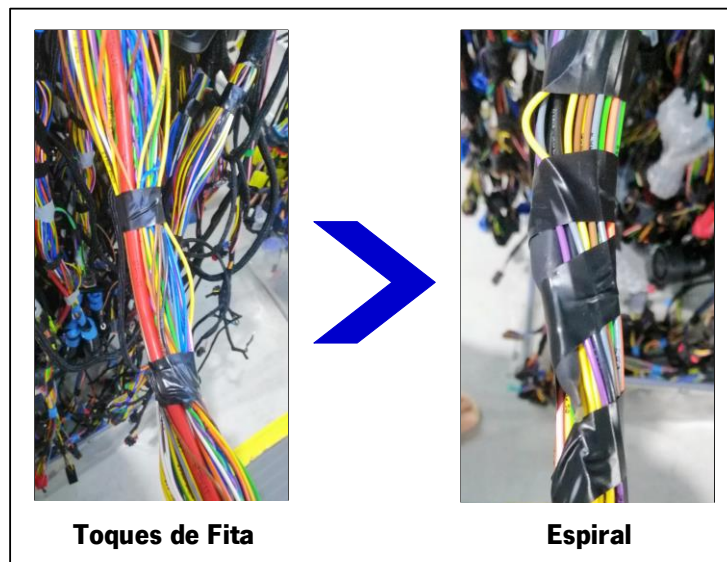


Figura 44- Evolução da bandagem com toques de fita para bandagem em espiral

5.1.2 Nova lona de apoio

Como foi apresentado na secção 4.4.2, as movimentações da cablagem durante a operação de *braiding* representam cerca de 19% do tempo total gasto. Uma das principais razões para estas movimentações é o uso de uma lona que serve de apoio para que os conectores não toquem no chão e partam e para que os tramos do cabo não fiquem presos nas extremidades da máquina. Sendo assim, houve a necessidade de repensar a ideia e em conjunto com os operadores arranjar uma solução melhor.

A nova lona de apoio não é totalmente fechada em forma de saco, mas sim aberta na parte frontal, o que permite que a cablagem seja pousada/arrastada para cima sem grandes esforços. A altura da lona diminuiu visto que obrigava a que os operadores levantassem a cablagem toda cada vez que a tivessem de reajustar.

No chão é colocado tapete ergonómico, para que caso algum tramo com conector fique fora da lona não quebre quando em contacto direto com o chão, oferecendo assim proteção acrescida. A evolução da antiga lona para a nova pode ser observada na Figura 45.

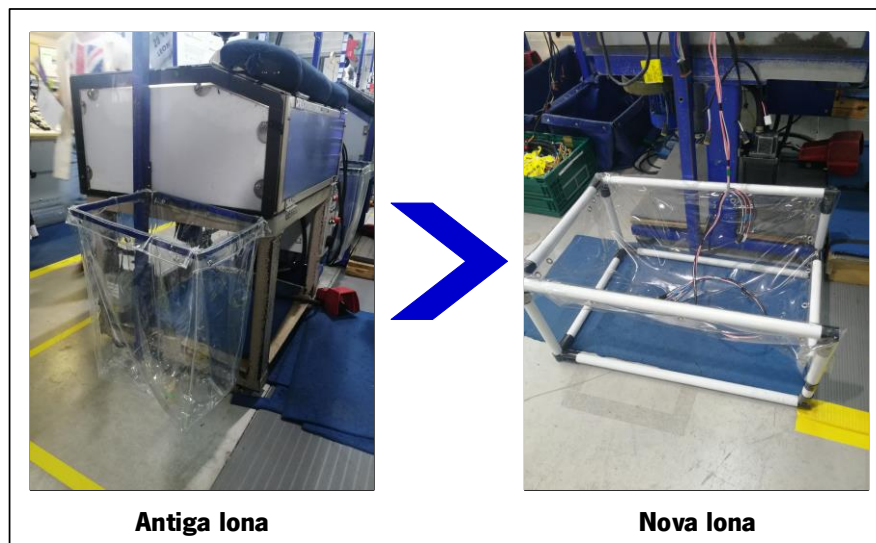


Figura 45– Evolução da lona de apoio à produção

5.2 Implementação de SMED

Uma das propostas com mais impacto é a redução do tempo de *setup* através da implementação de SMED nas máquinas de *braiding*. Para chegar ao valor final, seguiu-se os passos da metodologia SMED apresentados anteriormente na secção 2.2.4.

5.2.1 Estágio preliminar: O *setup* interno e externo não se distinguem

No estágio preliminar foi feita a recolha de dados, na qual foram identificadas as atividades e o respetivo tempo. Para realizar esta recolha foram realizadas filmagens e também foi importante o diálogo com os operadores para esclarecer algumas dúvidas acerca das operações. Na Tabela 34, no Apêndice VI, estão apresentadas as atividades com o respetivo tempo e tipo, manual ou de transporte. Foram estudadas 31 atividades, das quais 6 são de transporte e as restantes são atividades manuais, resultando num total de tempo despendido de 20 minutos e 29 segundos.

5.2.2 Estágio 1: Separação entre operações internas e externas

No estágio seguinte foi notado que o operador não realizava nenhuma operação com a máquina a funcionar. Isto acontece porque a máquina apenas trabalha com o acionamento do pedal, o que a faz totalmente dependente do operador. Sendo assim, 100% das atividades que realiza são consideradas operações internas. Esta informação pode ser consultada com mais pormenor na Tabela 34, do Apêndice VI, sendo que a coluna E1 é referente a este estágio.

5.2.3 Estágio 2: Passagem de operações internas para operações externas

Neste estágio é feita a passagem de operações internas para operações externas. Estas operações são aquelas que com preparação prévia podem ser realizadas com a máquina a funcionar. As operações 1, 2, 3, 4, 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31 passaram a operações externas, uma vez que não há necessidade de as executar internamente.

No momento observado, o operador faz a passagem dos rolos na quantidade que necessita das caixas colocadas pelo operador de armazém para uma caixa azul, que esteja disponível por perto, e leva para a máquina. Considerando o tempo que o operador perde a abastecer as caixas com os rolos, ficou definido que cada máquina irá ter a sua caixa que será previamente abastecida pelo operador de armazém/abastecedor de acordo com o planeamento e as necessidades de cada um.

Além disso o operador tem de se movimentar até ao computador para abrir o registo de *setup*, dar baixa dos artigos utilizados e quando terminar dar o processo como finalizado. Para que o operador não se deslocasse acrescentou-se o código de barras, referente a cada tipo de *braiding*, à documentação presente na máquina.

As operações finais de limpeza serão realizadas no fim do turno, ou seja, incluídas nas tarefas de manutenção do espaço e da máquina.

O número de operações internas reduziu para 20 resultando num tempo de *setup* de 16 minutos e 36 segundos.

5.2.4 Estágio 3: Melhoramento das Operações Internas

No estágio 3 é feita um melhoramento das operações internas, ou seja, é realizada uma racionalização das operações internas resultado numa redução de tempo ainda maior. Esta racionalização dá-se nas operações internas o que neste caso, após analisar cada atividade, se alcança nas atividades ligadas à substituição dos rolos.

A solução encontrada para a conseguir atingir tal objetivo é a alteração da máquina criando uma “porta” na parte traseira (Figura 46), similar à parte frontal desta, possibilitando assim a ajuda de um segundo operador, neste caso o abastecedor.



Figura 46- Parte traseira da máquina

Esta ajuda de um segundo operador consiste em realizar a troca da metade das canelas que se encontra da parte traseira, sendo que para manter o equilíbrio do novelo de fio (Figura 47) ao centro, deve começar-se do lado oposto ao operador da máquina e a troca deve ser efetuada primeiro nas canelas interiores.

Com estas alterações o *setup* reduz dos 16 minutos e 36 segundos alcançados no estágio 2, para 8 minutos e 53 segundos.



Figura 47- Novelos de fio deve ser mantido próximo do centro

Para melhor perceber a evolução da redução do tempo de *setup* entre os diferentes estágios da ferramenta SMED, foram dispostos na Tabela 10 os tempos referentes ao antes e depois. Como se pode verificar inicialmente o *setup* era de 20 minutos e 29 segundos conseguindo-se uma redução para 8 minutos e 53 segundos.

Tabela 10- Resumo da redução do tempo de *setup* entre estágios

	Antes	Depois
Estágio preliminar	-	20 minutos e 29 segundos
Estágio 1	20 minutos e 29 segundos	20 minutos e 29 segundos
Estágio 2	20 minutos e 29 segundos	16 minutos e 36 segundos
Estágio 3	16 minutos e 36 segundos	8 minutos e 53 segundos

5.3 Introdução de estratégias de gestão visual e 5S

De forma a garantir que qualquer pessoa que necessite de se dirigir à secção de *braiding* saiba que referências são processadas em cada máquina surgiu a necessidade de introduzir estratégias de gestão visual. Para tal, foi criada uma folha (Figura 48) para ficar colocada na estante do computador onde são registadas, para cada máquina, as referências que estão a ser produzidas.

FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DE PRODUÇÃO						
MÁQUINAS 24:						
198						
299						
322						
787						
199						
457						
MÁQUINAS 32:						
2880						
788						
191						
300						

Figura 48- Folha de acompanhamento de produção

Além da falta de gestão visual, também foram identificados, na secção 4.4.9, problemas relativos à falta de organização do espaço de trabalho. No caso dos ganchos e das etiquetas de identificação das fitas, a resolução do problema passa pela substituição das que estão degradadas e das que estão em falta.

Para além disto foram criadas duas zonas de arrumação: uma para os estrados (o operador no início do turno pega no seu e no fim, quando já não precisa, arruma) e outra para as amostras/protótipos de cablagens (para se diferenciarem das que estão em produção na linha). A explicação mais aprofundada de como se deu a criação destas duas zonas será feita na secção posterior, na qual é explicada a proposta de alteração de *layout*.

5.4 Mudança de *layout* na secção de *braiding*

Como foi mencionado na secção 4.4.3, o *layout* da secção de *braiding* encontra-se desadequado devido à disposição das máquinas sem qualquer estudo prévio, resultando em desorganização geral, má gestão do espaço e do fluxo de cablagens.

Com recurso à ajuda da equipa de supervisores do segmento 3 e da equipa de operadores foi definida uma nova proposta de *layout*, tendo em consideração certos aspetos:

- Tamanho do espaço físico;
- Precedências das operações;
- Facilidade no abastecimento das cablagens e divisão entre produto em curso e produto acabado;
- As máquinas de 32 canelas próximas do teste elétrico;
- Manter o computador em posição central, por ser o único e bastantes vezes utilizado;
- Menor movimentação possível dos cabos, assim como do abastecedor;
- Redução dos cruzamentos com a afetação de certas referências a operadores específicos.

Primeiro começou-se por tentar aumentar a área do espaço físico, sendo que a área ocupada pela secção de *braiding* é de 67m². Analisando a área envolvente chegou-se à conclusão que existe uma zona sobre aproveitada após a linha 572 que tinha como finalidade, com a mudança para o novo pavilhão, o aumento da linha, mas tal não se sucedeu ficando um espaço vazio. Com o aproveitamento desse espaço, consegue-se um aumento da área para 83m².

Com este aumento da área do espaço útil é possível alterar a disposição das máquinas, o que melhora as condições para o abastecimento e acondicionamento com o aumento do número de ganchos disponíveis.

Com a nova proposta de *layout* (Figura 49) propõe-se a passagem da máquina 2880 (32 canelas) para a zona mais próxima do teste, visto que é o processo pelo qual a cablagem passará a seguir; as outras máquinas foram mantidas nas mesmas zonas. A sua posição é rearranjada de forma a criar um corredor para facilitar a passagem dos carrinhos de abastecimento e consequentemente o trabalho do abastecedor.

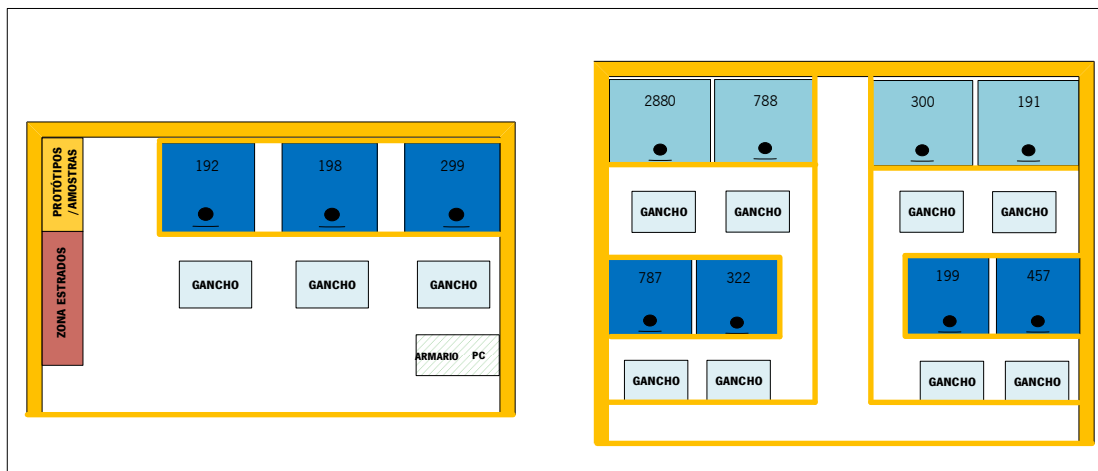


Figura 49- Novo layout da secção de braiding

Para além disso, como se ganhou espaço com a passagem da máquina 2880 para a área mais próxima do teste, foi possível criar duas zonas de armazenamento: uma para os operadores colocarem os estrados quando já não necessitam deles e outra para os protótipos/amostras quando estes são processados no segmento 3. Estas duas zonas são demonstradas na Figura 50 e Figura 51.



Figura 50- Zona protótipos/amostras



Figura 51- Zona para guardar os estrados

5.5 Instrução de trabalho para identificação dos tramos

Uma instrução de trabalho necessita de proporcionar à empresa a segurança necessária no seu processo para que o produto que produz chegue em excelentes condições ao cliente. Neste caso, a instrução de trabalho contemplava a inserção de uma fita lilás para identificação dos tramos que têm de passar pela máquina de 32 canelas, mas quando se confrontou o processo com a documentação verificou-se que não está a acontecer, tal como foi referido na secção 4.4.4.

Para resolver este problema foi necessário reunir a equipa de engenharia industrial responsável pelo design das cablagens, o engenheiro responsável pela engenharia de processos e o engenheiro responsável pela produção dos protótipos/amostras para desenvolverem um protocolo de ação e atribuir tarefas a cada departamento.

Desta reunião definiram-se ações distintas para projetos novos e para os já existentes em produção para que a instrução de trabalho passasse a ser respeitada.

Para projetos novos definiu-se que:

- A folha de cotações tem de ser modificada para apresentar os tempos divididos;
- Alterar o LPQS para que durante a importação dos tempos sejam consideradas duas operações de *braiding* distintas;
- Quando são realizadas as amostras é feita uma análise onde é verificado através da medição das diferentes secções do cabo se existe algum tramo - ou o cabo inteiro - que tem de ser processado na máquina de 32. Esta informação é validada pelo engenheiro de processos e pelos operadores de *braiding* quando o cabo segue para o segmento 3 para ser realizada esta operação;
- Após esta análise, os engenheiros de produto têm de alterar a tábua segundo o WPO (*Work Process Optimization*) para implementarem a mudança.

No caso dos cabos de produção, ou seja, os cabos que já são produzidos em série, o procedimento será diferente:

- Definição de prioridades e análise das referências conforme entrada em produção;
- Cronometragem do tempo nas respetivas máquinas;
- Alteração da tábua e processo de produção;
- Dar *feedback* através de um WPO para o departamento de engenharia industrial realizar as alterações;

- Divisão dos tempos das referências dos cabos no LPQS.

5.6 Implementação de mecanismos *Poka-Yoke*

De forma a criar um sistema que permita a redução de defeitos passados para o cliente foi proposto a implementação de dois sistemas *poka-yoke* nas máquinas de *braiding*. O primeiro mecanismo tem o objetivo de prevenir que o cabo seja processado com o *braiding* errado e consiste no controlo do pedal através de um relé, ou seja, só é possível realizar a operação de *braiding* se o tipo de fio que está na máquina corresponde ao fio que a referência pede.

O segundo mecanismo tem como objetivo a confirmação de finalização da operação de *braiding* aquando da passagem do cabo por uma e/ou duas máquinas. Este mecanismo consiste na contagem, com recurso a um sensor, do número de rotações que as canelas da máquina dão, sendo que a variável de comparação é fornecida pelo sistema, ou seja, se o número de rotações dadas pela máquina for inferior às atribuídas a uma referência o cabo não está terminado.

A Figura 52 é uma esquematização do funcionamento destes dois mecanismos.

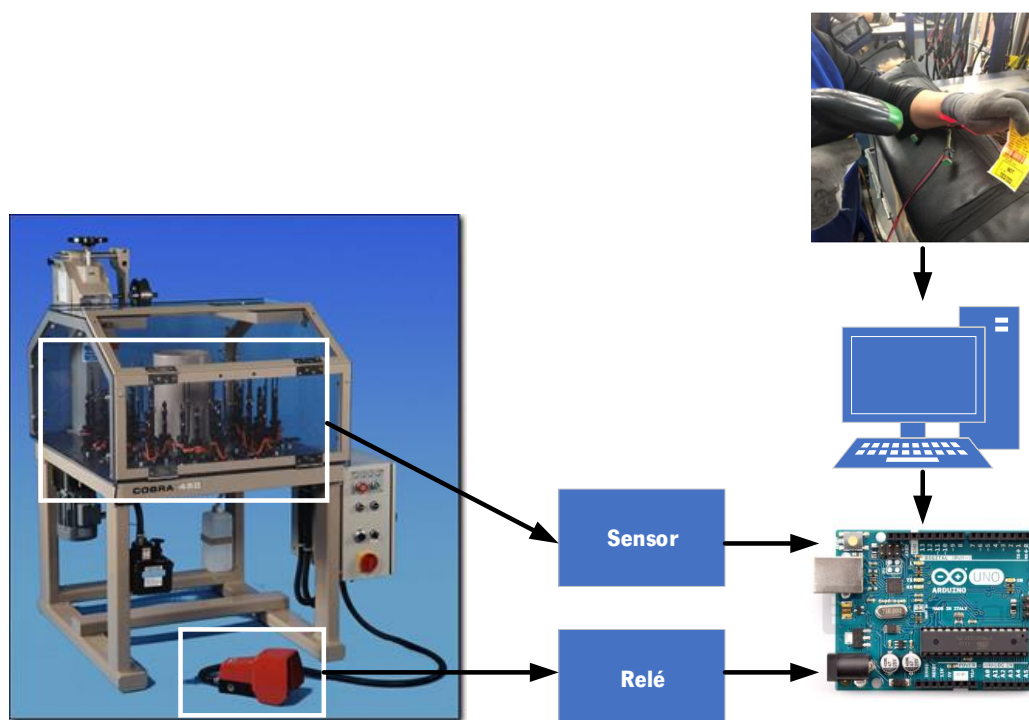


Figura 52 - Esquematização do funcionamento dos mecanismos *Poka-Yoke*

6. DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados os principais resultados referentes às propostas de melhoria apresentadas no capítulo anterior.

6.1 Redução de atividades que não acrescentam valor

Com a implementação da bandagem em espiral, em vez dos toques de fita, nas referências dos cabos da CAT há uma redução do tempo desperdiçado em atividades que não acrescentam valor. O tempo gasto na atividade de voltar a enfiar cada cabo, como uma questão de preparação, para em seguida levar *braiding* consome, como foi mencionado na secção 4.4.2, cerca de 13% do tempo, ou seja, cada operador gasta cerca de 62 min dos 480 minutos do seu turno nesta operação, sendo que o ganho estimado é de 84,6%, ou seja de 52 minutos (Tabela 11).

Tabela 11- Ganhos com a bandagem em espiral

Bandagem toques de fita	Bandagem espiral	Ganho
13%	2%	84,6%

A nova lona de apoio traz ganhos não só a nível ergonómicos, como também a nível da redução de movimentações do cabo quando o trabalhador o está a processar.

A nível ergonómico é melhor porque já não têm de carregar o peso do cabo sempre que tivessem de o movimentar para o rearranjar dentro da lona, tirar algum tramo que ficasse entrelaçado nos outros ou até para arranjar uma posição mais confortável para trabalhar por causa da inflexibilidade e espaço reduzido.

A nível de movimentações devido ao manuseamento da cablagem há uma redução das mesmas devido ao aumento da flexibilidade e facilidade em trabalhar o cabo, conseguido mais rapidamente alcançar o tramo que deseja.

Na secção 4.4.2 analisou-se que o tempo gasto a manusear a cablagem seria de 19% do tempo total, ou seja, o equivalente a 1 hora e 31 minutos. Com a implementação das novas lonas estima-se que haja um ganho de 31,6%, passando o operador a perder cerca de 1 hora e 2 minutos diários (Tabela 12).

Tabela 12- Ganhos com a nova lona de apoio

Antiga lona	Nova lona	Ganho
19%	13%	31,6%

Na Tabela 13 são descritos os gastos com a implementação desta nova lona.

Tabela 13- Custos com a nova lona

Material	Preço
10 lonas	400 UM

A mudança é realizada faseadamente, ou seja, conforme o antigo modelo se vá degradando vai sendo substituído pelo novo, sendo que já foram mudadas quatro lonas. No entanto considerou-se o custo da mudança total (Tabela 13).

6.2 Redução do tempo de *setup*

Após a aplicação da ferramenta SMED, como é apresentado na secção 5.1.2, foi possível reduzir o tempo de *setup*. Na Tabela 14, pode ver-se o ganho obtido com a aplicação desta ferramenta.

Tabela 14- Ganhos com o SMED

Antes SMED	Após SMED	Ganho
20 minutos e 29 segundos	8 minutos e 53 segundos	43,4%

Inicialmente o tempo de mudança dos cones das máquinas de 32 (pior caso) apresentava um tempo de 20 minutos e 29 segundos, o que era demasiado elevado e impedia uma maior flexibilidade na produção.

Com a implementação das alterações o tempo de *setup* reduz para 8 minutos e 53 segundos.

6.3 Redução das deslocações

Nas melhorias de organização da secção foi possível uma ordenação geral da secção com a eliminação de objetos desnecessários à produção na zona de trabalho, introdução de gestão visual e mudança do *layout* com o aumento da área disponível.

Durante este processo foi indispensável o envolvimento dos trabalhadores, pois permitiu que ao se sentirem envolvidos no projeto e incluídos nas mudanças aumentassem a motivação e produtividade.

A criação de corredores e zonas de passagem, devidamente delineadas, permitem que o abastecedor consiga fazer o abastecimento mais facilmente, o aumento do número de ganchos disponíveis para colocar as diferentes referências em diferentes estados do processo. Também foram criadas zonas

distintas para guardar os estrados e para separar a produção de protótipos/amostras da produção em linha que permitiram não só aumentar a segurança nos postos de trabalho, como também a organização do espaço.

Com estas alterações estima-se que haja uma redução nas deslocações de 2% e que a procura reduza para 0,1%, como é possível analisar na Tabela 15.

Tabela 15- Ganhos com a mudança de layout

	Antigo layout	Novo layout	Ganho
Deslocações	4.9%	2%	59,2%
Procura	0,3%	0,1%	66,6%

Na Tabela 16, são apresentados os custos desta mudança de *layout*. O material elétrico, fita de marcação e tapetes ergonómicos foram aproveitados de material já existente na empresa.

Tabela 16- Custos do novo layout

Material	Preço
3 ganchos	285 UM

6.4 Aumento da eficiência

Como foi referido anteriormente, em Dezembro, ocorreu uma mudança de instalações o que levou a uma mudança na disposição da secção que afetou diretamente a organização da mesma levando a um decréscimo da eficiência de 74,1% para 71,4% no mês de Janeiro e posteriormente para 68,6%, em Fevereiro. Após as alterações realizadas no mês de Março - mudança de *layout*, implementação de gestão visual, 5S e da lona de apoio - a eficiência aumentou para 78,4% em Abril e atingiu em Maio os 82,23%. Esta evolução pode ser consultada na Figura 53.

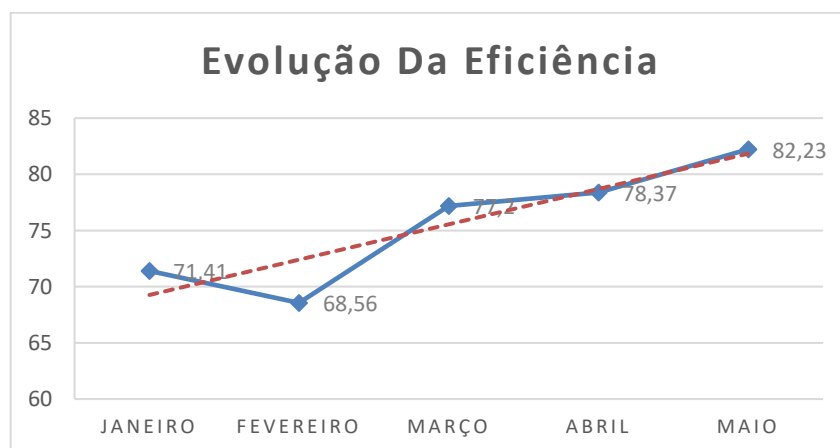


Figura 53 - Eficiência da secção de braiding de Janeiro a Maio de 2019

6.5 Redução da variabilidade do processo

A implementação da fita de cor lilás nos tramos que são processados nas máquinas de 32 canelas, traz o benefício da redução da variabilidade do processo de *braiding*. Esta redução permite que caso surja algum defeito seja mais fácil a identificação da sua causa-raiz, visto que os operadores estão a processar os tramos do cabo no mesmo tipo de máquina.

Além disto, visto que a fita lilás é algo visual, também será mais fácil e rápida a identificação dos tramos para cada máquina.

Esta mudança implicará a revisão de todos os desenhos do cliente, alteração dos tempos e cotações, tábuas de montagem e processos de trabalho das variadas referências.

6.6 Redução da percentagem de defeito

Uma das formas de garantir que o produto está conforme o que cliente pediu é com a criação de sistemas que assegurem isso mesmo. Com a implementação do sistema de contagem das rotações e o sistema de controlo do pedal obtém-se essa segurança, ou seja, é a criação de uma barreira que impeça que um possível erro aconteça e chegue ao cliente.

Estes sistemas reduzem assim a probabilidade de erro garantindo assim que o tipo de *braiding* que está na máquina é o que o cliente deseja para o cabo e que a totalidade de cobertura é cumprida, em que o objetivo é prevenir um erro no processo.

Este é um ganho importante porque a confiança de um cliente, no processo de produção de uma empresa, pode por em causa um negócio futuro ou no pior caso a perda do atual.

Estas propostas surgiram da resposta a uma reclamação oficial feita pelo cliente e de uma exigência feita pelo cliente na auditoria, portanto, os resultados ainda são quantificáveis quanto ao ganho em tempo e redução da quantidade de defeitos.

6.7 Síntese dos resultados

Nesta secção é realizada uma síntese dos resultados obtidos com o desenvolvimento deste projeto de dissertação. Nesta síntese, que se encontra Tabela 17, estão os ganhos mensuráveis derivados da implementação das propostas apresentadas.

Tabela 17- Síntese dos resultados obtidos

	Antes	Depois	Ganho
Bandagem em espiral	13%	2%	84,6%
Lona de apoio	19%	13%	31,6%
Tempo de <i>setup</i>	20 minutos e 29 segundos	8 minutos e 53 segundos	43,4%
Deslocações	4.9%	2%	59,2%
Procura	0,3%	0,1%	66,6%
Produtividade	78,4%	82,23%	4,8%

Estes ganhos traduzem-se num total de tempo de 1 horas e 56 min. Considerando que o custo hora tem um valor de 7,45€, que um mês útil de trabalho são 21 dias e um total de 20 trabalhadores, o que monetariamente se traduz num ganho anual de aproximadamente 72.843,12 UM.

7. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões retiradas com a elaboração desta dissertação e são feitas referências a futuras atividades que poderão vir a ser desenvolvidas.

7.1 Considerações finais

O objetivo principal desta dissertação era a melhoria da secção de *braiding* e após a sua finalização é possível afirmar que todos os objetivos definidos em função do principal foram cumpridos.

A operação de *braiding* é um processo completamente manual que depende inteiramente do operador e das condições de trabalho que o rodeiam. O projeto de dissertação focou-se assim na secção de *braiding* que apesar de o planeamento estar a ser lançado de acordo com a capacidade teórica da secção, era claramente um *bottleneck* na produção e foi necessário perceber onde existiam desperdícios.

Assim sendo, foi realizado um diagnóstico inicial e com base nessa informação foram feitas propostas de melhoria da secção de *braiding*. A proposta de redução do *setup* através do SMED enquadra-se no pilar das melhorias específicas, enquanto a implementação da marcação lilás e os mecanismos *poka-yoke* se enquadram no pilar da gestão da qualidade da manutenção produtiva total.

Além disso foram desenvolvidas outras estratégias com base os princípios *Lean thinking*, como a alteração do *layout*, a alteração do tipo de bandagem e o desenvolvimento de uma nova lona de apoio.

A implementação das propostas permitiu a obtenção de resultados positivos, nomeadamente: a alteração da bandagem de toques de fita que permitiram um ganho de 52 minutos, a redução do *setup* permitiu um ganho de 12 minutos e a nova lona de apoio com um ganho de 29 minutos.

Com a mudança de *layout* a produtividade da equipa aumentou, passando do valor de 77,41% em Janeiro para 82,23% em Maio.

À exceção do *layout* e da nova lona de apoio à produção (apenas metade das previstas) que já foram implementadas, as outras propostas ainda se encontram em desenvolvimento. Com a implementação de todas as propostas prevê-se um ganho anual de 72.843 UM.

Os resultados obtidos devem-se também ao apoio fornecido pela Leoni, não só pela disponibilidade em acolher um projeto de dissertação, mas também devido à integração do investigador com as diversas equipas da empresa.

Além da aprendizagem do investigador, houve também um ganho a nível de crescimento pessoal, oportunidade de trabalho em equipa e de evolução a nível profissional, sendo que esta dissertação foi desenvolvida em âmbito de estágio.

7.2 Trabalho futuro

A Leoni é uma empresa que procura constantemente inovar e melhorar os seus processos. Portanto, é certo que este projeto de dissertação irá ter continuidade.

Quanto às propostas que ainda não foram implementadas, como os mecanismos *poka-yoke*, a implementação da marcação lilás e as atividades relacionadas com a redução do tempo de *setup*, sugere-se o acompanhamento e finalização das mesmas.

Propõe-se, portanto, um estudo acerca da possibilidade do dimensionamento de células de produção compostas pelas máquinas de *braiding* e as mesas de teste elétrico ou da implementação de um sistema *kanban* com a produção a ser puxada pelo teste elétrico.

Sugere-se também a implementação de um sistema de registo de paragens para se conseguir fazer uma análise do tempo real de avaria, manutenção, etc. Outra sugestão passa pelo isolamento sonoro com a instalação de uma cabine de som.

Existe também oportunidades de melhoria no sistema de abastecimento da secção com suporte e melhoramento do sistema informático onde é feita a gestão da produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance : literature review and directions, *25*(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Alves, A. C., Dinis-carvalho, J., Sousa, R. M., & Alves, A. C. (2012). The Learning Organization Emerald Article : Lean production as promoter of thinkers to achieve companies ' agility Lean production as promoter of thinkers to achieve companies ' agility. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Bragança, S., Alves, A., Costa, E., & Sousa, R. (2013). The use of lean tools to improve the performance of an elevators company. In *Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems (IRF2013)* (Vol. 1, pp. 1–8).
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, *95*(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Costa, L., & Arezes, P. (2016). Introdução ao estudo do trabalho.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, *22*(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Danese, P., Manfè, V., & Romano, P. (2018). A Systematic Literature Review on Recent Lean Research: State-of-the-art and Future Directions. *International Journal of Management Reviews*, *20*(2), 579–605. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12156>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, *31*(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). Going lean. *Lean Enterprise Research Centre*.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2011). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, *20*(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591002>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time* (Third Edit).
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2007). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, *46*(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM*. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*. Asian Productivity Organisation.
- Rory O'Brien. (1998). An Overview of the Methodological Approach of Action Research. Retrieved from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Samuel, D., Found, P., & Williams, S. J. (2015). How did the publication of the book The Machine That Changed The World change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management*, *35*(10), 1386–1407. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2013-0555>
- Schuler, R. S. (1984). *Readings in Personnel Management*. (W. Publishing, Ed.) (2nd ed). St. Paul.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing : The SMED System*.
- Shingo, S. (1989). *A study of the toyota production system - From an industrial engineering viewpoint*. Cambridge, Mass.: Productivity Press.

- Silva, A. (2015). *Aplicação de princípios e ferramentas Lean numa empresa de produção de cablagens*. Universidade do Minho.
- Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Free Press.

APÊNDICE I – FLUXOGRAMA DO SISTEMA PRODUTIVO

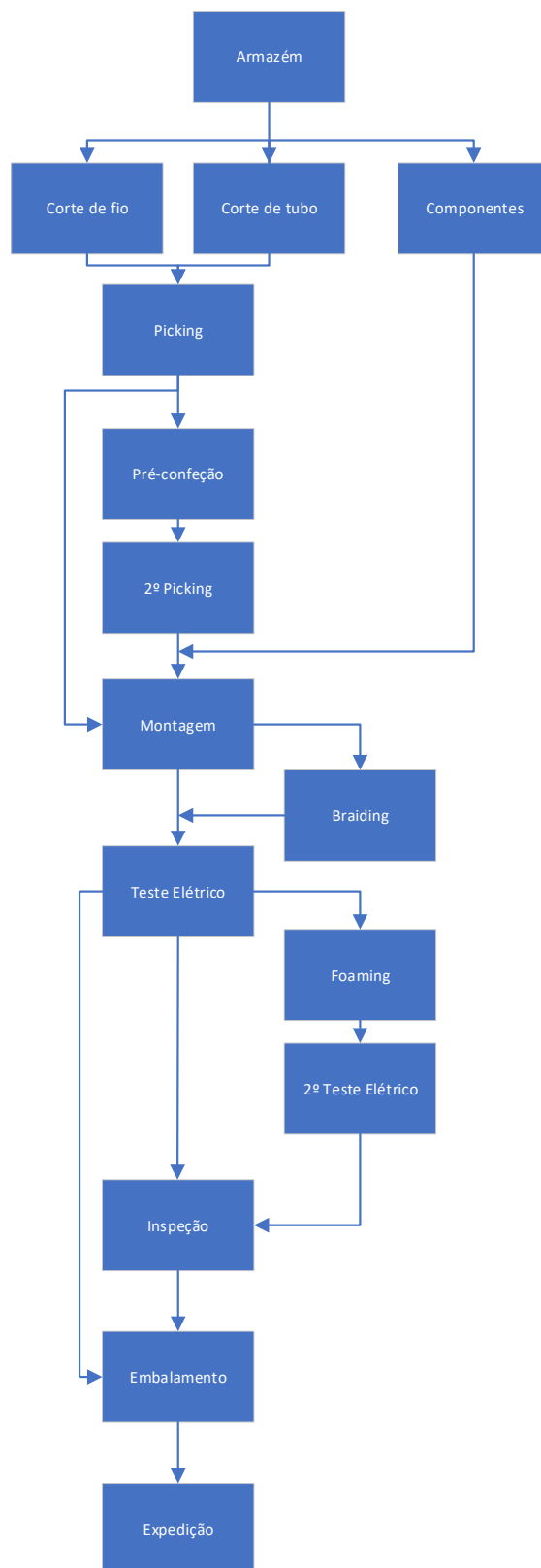


Figura 54- Fluxograma do sistema produtivo

APÊNDICE II – ANÁLISE ABC

Tabela 18- Excerto da análise ABC referente aos dados de Janeiro de 2019

	Partnumber	Cliente	Projeto	Total Pedidos	Vendas ABC	% Valor Vendas	% Vendas Acumulado	% Referências	Classe Atual no SEG-3
1	322869202	CAT	CA50	1828	521449,7	12,39%	12,39%	0,47%	A
2	322503105	CAT	CA50	1738	307185,6	7,30%	19,68%	0,95%	A
3	322503004	CAT	CA50	1679	300118,1	7,13%	26,81%	1,42%	A
4	322482108	CAT	CA50	2661	206644,3	4,91%	31,72%	1,90%	A
5	322503203	CAT	CA50	1740	163692,9	3,89%	35,61%	2,37%	A
6	322817508	CAT	CA50	710	133173	3,16%	38,77%	2,84%	A
7	322817305	CAT	CA50	700	128679,1	3,06%	41,82%	3,32%	A
8	322864205	CAT	CA50	2520	124083,9	2,95%	44,77%	3,79%	A
9	322480704	CAT	CA50	2643	97159,72	2,31%	47,08%	4,27%	A
10	322869302	CAT	CA50	468	91366,08	2,17%	49,25%	4,74%	A
11	322911303	MWL	MW50	336	82354,42	1,96%	51,21%	5,21%	A
12	322817206	CAT	CA50	728	77818,86	1,85%	53,05%	5,69%	A
13	322651101	CAT	CA50	278	76053,66	1,81%	54,86%	6,16%	A
14	322540104	CAT	CA50	1621	69480,42	1,65%	56,51%	6,64%	A
15	322899506	CAT	CA50	246	69083,82	1,64%	58,15%	7,11%	A
16	322540504	CAT	CA50	3600	67431,55	1,60%	59,75%	7,58%	A
17	322906105	CAT	CA50	1405	63739,28	1,51%	61,27%	8,06%	A
18	322960302	CAT	CA50	476	62080,38	1,47%	62,74%	8,53%	A
19	322961002	CAT	CA50	748	60215,55	1,43%	64,17%	9,00%	A
20	322435606	CAT	CA50	1426	58954,33	1,40%	65,57%	9,48%	A
21	322481310	CAT	CA50	258	52111,85	1,24%	66,81%	9,95%	A
22	322481110	CAT	CA50	243	47410,78	1,13%	67,94%	10,43%	A
23	322805202	JCB	JC50	1480	44023,33	1,05%	68,98%	10,90%	A
24	322435506	CAT	CA50	1560	43709,71	1,04%	70,02%	11,37%	A
25	322467605	CAT	CA50	1027	40767,56	0,97%	70,99%	11,85%	A
26	322481406	CAT	CA50	2519	40637,93	0,97%	71,95%	12,32%	A
27	322172503	CUMMINS	CM50	962	40369,58	0,96%	72,91%	12,80%	A
28	322870202	CAT	CA50	2950	38182,15	0,91%	73,82%	13,27%	A
29	322961302	CAT	CA50	650	36945,91	0,88%	74,70%	13,74%	A
30	322986602	CAT	CA50	388	35961,23	0,85%	75,55%	14,22%	A
31	322911402	MWL	MW50	350	35341,53	0,84%	76,39%	14,69%	A
32	322817904	CAT	CA50	582	34903,41	0,83%	77,22%	15,17%	A
33	322960802	CAT	CA50	283	34479,78	0,82%	78,04%	15,64%	A
34	322905803	CAT	CA50	1346	31906,06	0,76%	78,80%	16,11%	A
35	322635501	CAT	CA50	510	27741,62	0,66%	79,45%	16,59%	A
36	322987601	CAT	CA50	458	26125,58	0,62%	80,07%	17,06%	A
37	322425408	MWL	MW50	314	25591,58	0,61%	80,68%	17,54%	A
38	322481907	CAT	CA50	246	25255,01	0,60%	81,28%	18,01%	A

APÊNDICE III – ANÁLISE MULTI MOMENTO

A amostragem de trabalho consiste em fazer um grande número de observações distribuídas aleatoriamente no tempo. É registado em cada momento o tipo de atividade que o operador/máquina está a desempenhar. Como o objetivo é obter resultados precisos é fundamental calcular o número de observações necessárias para que não haja grandes variações (Costa & Arezes, 2016).

O cálculo do número mínimo de observações necessárias dá-se pela seguinte fórmula:

$$N = \left(\frac{Z}{\varepsilon}\right)^2 \times \rho \times (1 - \rho)$$

- Z – Valor da tabela de distribuição normal
- ε – Precisão
- ρ – Proporção

Para este estudo optou-se por um nível de confiança de 95% e precisão de $\pm 5\%$, ou seja, um valor de $Z=1,96$.

Tabela 19- Registo da observação inicial

Atividade	Frequência	Proporção
<i>Braiding</i>	139	0,382
Setup	12	0,033
Manuseamento da cablagem	69	0,190
Esperas	1	0,003
Transporte/Deslocações	18	0,049
Colocar bandagem extra	47	0,129
Comunicação	13	0,036
Máquina parada	39	0,107
Operador Ausente	7	0,019
Etiquetagem	7	0,019
Finalizar cablagem (queimar fios)	3	0,008
Procurar	1	0,003
Marcações(verde/azul)	4	0,011
Abrir <i>braiding</i>	2	0,005
Retroceder máquina	2	0,005
Total	364	1,00

Foi realizada uma análise inicial com 364 observações, da qual se obteve o valor da maior proporção, $\rho = 0,38$, como se pode verificar na Tabela 19.

Depois de efetuadas as observações iniciais é necessário verificar se são suficientes para o nível de confiança que se pretende. Para tal, aplicou-se a fórmula acima apresentada, sendo que o valor de observações necessárias é de $N = 363$ observações. Este valor é assim inferior ao número de observações realizado inicialmente, portanto não foi necessário realizar mais nenhuma observação.

APÊNDICE IV – ANÁLISE DA OPERAÇÃO DE *SETUP*

Tabela 20- Número de setups de Janeiro a Junho de 2018

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
24	121	106	212	158	170	250
32	108	93	124	108	124	128
Total (mensal)	229	199	336	266	294	378

Tabela 21- Número de setups de Julho a Dezembro de 2018

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
24	177	125	169	212	206	112
32	96	94	139	138	128	79
Total (mensal)	273	219	308	350	334	191

Tabela 22- Tempos de setup observados

	Tempo <i>setup</i> máquinas 24 (minutos)				Tempo <i>setup</i> máquinas 32 (minutos)		
	198	299	457	787	300	788	2880
	00:18:31	00:17:50	00:20:10	00:15:36	00:29:41	00:16:20	00:21:16
	00:29:01	00:21:17	00:12:57	00:16:45	00:25:04	00:14:19	00:20:27
	00:16:45	00:20:51	00:13:43	00:16:34	00:25:23	00:20:37	00:27:05
	00:27:41	00:28:27	00:18:59	00:23:28	00:23:41	00:21:16	00:31:18
	00:14:52	00:16:10	00:17:25	00:17:03	-	-	-
Tempo médio (minutos)	00:21:22	00:20:55	00:16:39	00:17:53	00:25:57	00:18:08	00:25:01

APÊNDICE V – ESTUDO ERGONÓMICO REALIZADO AOS OPERADORES DO BRAIDING

Segundo Hignett & McAtamney (2000), o método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) permite a avaliação de posturas imprevisíveis dos operadores

O método REBA avalia dois grupos (grupo A e B). O grupo A está associado à avaliação do tronco, pescoço e pernas e o grupo B está associado aos braços, antebraços e pulsos.

Os fatores que são necessários avaliar no grupo A estão identificados na Tabela 23.

Tabela 23- Pontuação do Grupo A (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

Pontuação Grupo A				
	Movimento	Pontuação	Alteração à pontuação	Exemplificação
Tronco	Ereto	1	(+ 1) se há torção ou flexão lateral	
	0°-20° flexão 0°-20° extensão	2		
	20°-60° flexão >20° extensão	3		
	>60° flexão	4		
Pescoço	Movimento	Pontuação	Alteração à pontuação	Exemplificação
	0°-20° flexão >20° flexão ou extensão	1 2	(+ 1) se há torção ou flexão lateral	
Pernas	Movimento	Pontuação	Alteração à pontuação	Exemplificação
	Peso bilateral, andando ou sentado	1	(+ 1) se joelho(s) entre 30° e 60° flexão	
	Peso unilateral ou postura instável	2	(+ 2) se joelho(s) > 60° flexão	

Na Tabela 24 estão descritos os fatores e respectivas pontuações correspondentes ao grupo B.

Tabela 24- Pontuação do Grupo B (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

Pontuação Grupo B				
	Movimento	Pontuação	Alteração à pontuação	Exemplificação
Braços	0°-20° flexão/ extensão	1	(+ 1) se há abdução ou rotação	
	>20° extensão ou 20°-45° flexão	2		
	45°-90° flexão	3	(- 1) se apoiado suportando o peso. Ação da gravidade.	
	>90° flexão	4		
Antebraços	60°-100° flexão	1	-	
	<60° flexão ou >100° flexão	2		
Pulsos	0°-15° flexão/ extensão	1	(+ 1) se há desvio lateral ou torção	
	>15° flexão/ extensão	2		

A pontuação geral do grupo A é obtida através da combinação de pontuações obtidas para cada parâmetro (tronco, pernas e pescoço), sendo que é através da utilização da Tabela 25 que se chega a esse valor.

Tabela 25- Quadro de pontuação do Grupo A (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

			Pernas		Tronco				
					1	2	3	4	5
Pescoco	1	1	1	2	2	3	4		
		2	2	3	4	5	6		
		3	3	4	5	6	7		
		4	4	5	6	7	8		
	2	1	1	3	4	5	6		
		2	2	4	5	6	7		
		3	3	5	6	7	8		
		4	4	6	7	8	9		
	3	1	3	4	5	6	7		
		2	3	5	6	7	8		
		3	5	6	7	8	9		
		4	6	7	8	9	9		

Ao valor da pontuação geral soma-se ainda a pontuação relativa à carga/força exercida pelo operador, de acordo com a Tabela 26.

Tabela 26- Pontuação de carga/ força (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

Carga/ Força			
0	1	2	+1
< 5 Kg	5 a 10 Kg	> 10 Kg	Choque ou rápido desencadeamento da força

Para chegar à pontuação geral do grupo B, como acontece com a pontuação do grupo A, é feita a combinação dos três parâmetros, mas neste caso os parâmetros são: pulso, braço e antebraço.

Tabela 27- Quadro de pontuação do Grupo B (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

			Pulso		Braço					
					1	2	3	4	5	6
Antebraço	1	1	1	1	3	4	6	7		
		2	2	2	4	5	7	8		
		3	2	3	5	5	8	8		
	2	1	1	2	4	5	7	8		
		2	2	3	5	6	8	9		
		3	3	4	5	7	8	9		

Igualmente a pontuação geral do grupo B pode ser alterada com a soma da pontuação de ligação dependendo do tipo de pega que o operador realiza. Esta pontuação está descrita na Tabela 28.

Tabela 28- Pontuação de ligação - coupling (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

Ligação - Coupling			
0	1	2	3
Pega bem ajustada, pega de potência	Pega aceitável, mas não ideal ou a ligação é aceitável por outra parte do corpo	Pega não aceitável apesar de possível	Pega difícil e insegura, sem pegadas ou a ligação é inaceitável por outras partes do corpo

Após chegar às pontuações do grupo A e B é necessário combinar estes dois valores utilizando a Tabela 29.

Tabela 29- Pontuação geral combinada do grupo A e B (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

		Pontuação B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pontuação A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	10	10	10	10
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Para se obter a pontuação final REBA é ainda necessário averiguar a atividade e caso alguma das situações se aplique, altera-se a pontuação de acordo com o apresentado na Tabela 30.

Tabela 30- Pontuação Atividade (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

Pontuação Atividade		
+1	+1	+1
Uma ou mais partes do corpo estáticas + 1 min.	Ações repetidas mais de 4x por minuto	A ação causa rápidas alterações à postura ou uma base instável

Depois de obtida a pontuação REBA é tomada a decisão de que ação se deve tomar de acordo o nível em que esta se encontra. Esta informação pode ser consultada na Tabela 31.


Tabela 31- Níveis de ação REBA (adaptado (Hignett & McAtamney, 2000))

Nível de Ação	Pontuação REBA	Nível de risco	Ação
0	1	Insignificante	Não necessária
1	2 - 3	Baixo	Talvez seja necessária
2	4 - 7	Médio	Necessária
3	8 - 10	Alto	Necessária em breve
4	11 - 12	Muito alto	Necessária AGORA

Avaliação REBA – Operadores *Braiding*


A avaliação da postura pelo método REBA foi realizada aos operadores da secção de *braiding*, tendo sido seleccionados dois exemplos para serem apresentados a título de amostra da realização desta análise.

Tabela 32- Avaliação REBA do operador João

Operador	Grupo	Pontuação	
	A	Tronco	3
		Pescoço	3
		Pernas	2
	B	Braço	4
		Antebraço	1
		Pulso	2
	Total Grupo A		6
	Total Grupo B		6
	A + B		8
	Uma ou mais partes do corpo estáticas + 1 min.		1
Total REBA		9	

De acordo com a avaliação realizada ao operador João (Tabela 32) é possível verificar que o nível de risco é alto, ou seja, é necessário que ações de melhoria sejam tomadas em breve.

Tabela 33- Avaliação REBA da operadora Sofia

Operador	Grupo		Pontuação
	A	Tronco	1
		Pescoço	2
		Pernas	2
	B	Braço	3
		Antebraço	1
		Pulso	2
	Total Grupo A		2
	Total Grupo B		5
	A + B		4
	Uma ou mais partes do corpo estáticas + 1 min.		1
	Total REBA		5

No caso da operadora Sofia (Tabela 33) o nível de risco é médio com uma pontuação de 5, sendo que é necessário tomar ações, mas não para breve.

APÊNDICE VI – APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SMED

Tabela 34– Aplicação da ferramenta SMED para redução do tempo de setup

Nº	Atividade	Tempo (s)		E1		E2	
		Manual	Transporte	Interna	Externa	Interna	Externa
1	Deslocar até ao computador		11	X			X
2	Abrir <i>setup</i> no computador	7		X			X
3	Tirar 32 rolos da caixa do fornecedor para caixa de transporte	45		X			X
4	Transportar caixa até à máquina		12	X			X
5	Pousar metade dos rolos na máquina	23		X		X	
6	Abrir a máquina	3		X		X	
7	Cortar 15 fios de ligação ao meio	12		X		X	
8	Retirar os rolos correspondentes aos fios que se cortou	44		X		X	
9	Colocar o rolo novo, passar o fio pelos ganchos e prendê-lo ao meio (15 rolos)	327		X		X	
10	Cortar 2 fios de ligação ao meio	7		X		X	
11	Retirar os rolos correspondentes aos fios que se cortou	5		X		X	
12	Colocar o rolo novo, passar o fio pelos ganchos e prender o fio ao meio (2 rolos)	45		X		X	
13	Fechar a máquina	5		X		X	
14	Carregar no pedal e girar os rolos	9		X		X	
15	Abrir a máquina	1					
16	Cortar 13 fios de ligação ao meio	11		X		X	
17	Retirar os rolos correspondentes aos fios que se cortou	32		X		X	
18	Ir buscar à caixa os restantes rolos e pousar na máquina	33		X		X	
19	Colocar o rolo novo, passar o fio pelos ganchos e prender o fio ao meio (13 rolos)	346		X		X	
20	Cortar 2 fios de ligação ao meio	6		X		X	
21	Retirar os rolos correspondentes aos fios que se cortou	8		X		X	
22	Colocar o rolo novo, passar o fio pelos ganchos e prender o fio ao meio (2 rolos)	50		X		X	
23	Fechar a máquina	5		X		X	
24	Carregar no pedal e girar os rolos até o entrançado sair correto	24		X		X	
25	Levar a caixa até ao lixo		11	X			X
26	Separar do rolo o fio restante, desenrolando para o caixote correspondente (reciclagem)	75		X			X
27	Deslocar até ao computador		3				X
28	Dar baixa dos rolos novos no sistema	36		X			X
29	Deslocar até ao caixote do cartão		3				X
30	Colocar caixote do fornecedor na reciclagem	16		X			X
31	Voltar para o posto de trabalho		14	X			X

ANEXO I – TABELA DE REPRESENTAÇÃO DAS FITAS DE MARCAÇÃO

Fita		Indica na montagem		Diâmetro do fio braid				Tipo de braid			VÁLIDO PARA OS CLIENTES				
Cor	Nº artigo LEONI	Início do Braid	Final do Braid	0,7mm	1,0mm	Nº artigo LEONI (Canela grande)	Nº artigo LEONI (Canela pequena)	Baixa Tempª	Alta Tempª	Revestimento	CAT	PERKINS	JCB	CUMMINS	VOLVO CE
	P00146047 19mm					P00115401									
	P00149928 19mm					480010200									
	P00146049 19mm					P00115123									
	P00146045 19mm					P00162373 + P00162372									
	P00146038 19mm					P00162372 + P00162373									
	P00245967 19mm					P00162372									
Fita		Indica na montagem		Outras explicações				VÁLIDO PARA OS CLIENTES							
Cor	Nº artigo LEONI							CAT	PERKINS	JCB	CUMMINS	VOLVO CE			
	P00146930 19mm	a máquina a usar é de 32 rolos		A fita cor Lilás é colocada ao lado das fitas de início (Ver linha 1)											
	P00245967 19mm	Indica a finalização com braid duplo		Esta fita é colocada ao lado das fitas de início (Ver linha 1)											
	P00146049 19mm	Indica cruzamento com braiding		Ajuda visual para que na realização do Braid as saídas sejam facilmente identificadas evitando que sejam arrastadas indevidamente por baixo do braid preto. Na tábua de montagem o cruzamento é respresentado com o símbolo: 											
	P00147896 19mm	Fita de marcação debaixo do braid		Ajuda visual para que na realização do Braid as saídas sejam facilmente identificadas evitando que sejam arrastadas indevidamente por baixo do braid.											
	P00122660 19mm	Fita de marcação debaixo do braid		Ajuda visual para que na realização do Braid as saídas sejam facilmente identificadas evitando que sejam arrastadas indevidamente por baixo do braid.											
	P00146046 19mm	Indica cruzamento com braiding		Ajuda visual para que na realização do Braid as saídas sejam facilmente identificadas evitando que sejam arrastadas indevidamente por baixo do braid amarelo. Na tábua de montagem o cruzamento é respresentado com o símbolo: 											

Figura 55- Esquema do código de cores de fita

ANEXO II – MÉTODO REBA

FOLHA DE CÁLCULO REBA

GRUPO A: Tronco, pescoço e pernas

Tronco

Movimento	Pontuação	Mudar Pont.
Erecto	1	+ 1 se há torção ou flexão lateral
0°-20° flexão 0°-20° extensão	2	
20°-60° flexão >20° extensão	3	
> 60° flexão	4	

Pescoço

Movimento	Pontuação	Mudar Pont.
0°-20° flexão	1	+ 1 se há torção ou flexão lateral
>20° flexão ou extensão	2	

Pernas

Movimento	Pontuação	Mudar Pont.
Peso bilateral, andando ou sentado	1	+ 1 se joelho(s) entre 30° e 60° flexão
Peso unilateral ou postura instável	2	+ 2 se joelho(s) > 60° flexão

Carga/Força

0	1	2	+ 1
< 5 Kg	5 a 10 Kg	> 10 Kg	Choque ou rápido desencadeamento da força

QUADRO A

		Tronco					
		Pernas	1	2	3	4	5
Pescoço	1	1	1	2	2	3	4
		2	2	3	4	5	6
		3	3	4	5	6	7
	2	4	4	5	6	7	8
		1	1	3	4	5	6
3	2	2	4	5	6	7	
	3	3	5	6	7	8	
	4	4	6	7	8	9	
	1	3	4	5	6	7	

QUADRO B

		Braço						
		Pulso	1	2	3	4	5	6
Antebraço	1	1	1	1	3	4	6	7
		2	2	2	4	5	7	8
		3	2	3	5	5	8	8
2	1	1	2	4	5	7	8	
	2	2	3	5	6	8	9	
	3	3	4	5	7	8	9	

QUADRO C

		Pontuação B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pontuação A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	10	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Correcção: + 1 se:

- Uma ou mais partes do corpo estáticas + 1 min.
- Acções repetidas mais de 4x por minuto
- A acção causa rápidas alterações à postura ou uma base instável

GRUPO B: Braços, antebraços e pulsos

Braços

Movimento	Pontuação	Mudar Pont.
0°-20° flexão/ extensão	1	+ 1 se há abdução ou rotação
>20° extensão ou 20°-45° flexão	2	+ 1 se há elevação do ombro
45°-90° flexão	3	-1 se apoiado suportando o peso. Acção da gravidade.
>90° flexão	4	

Antebraços

Moviment	Score
60°-100° flexão	1
<60° flexão ou >100° flexão	2

Pulsos

Movimento	Pontuação	Mudar Pont.
0°-15° flexão/ extensão	1	+ 1 se há desvio lateral ou torção
>15° flexão/ extensão	2	

Ligação - Coupling

0	1	2	3
Pega bem ajustada, pega de potência	Pega aceitável mas não ideal ou a ligação é aceitável por outra parte do corpo	Pega não aceitável apesar de possível	Pega difícil e insegura, sem pegas ou a ligação é inaceitável por outras partes do corpo

PONTUAÇÃO A

+

PONTUAÇÃO B

+

PONTUAÇÃO FINAL (REBA):

Baseado na Nota Técnica: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett & McAtamney, Applied Ergonomics, 31, pp.201-205
Adaptado por Paula Carneiro (Universidade do Minho), 2009

Figura 56- Passos para a aplicação do REBA