



UNIVERSIDADE DE  
**COIMBRA**

Inês Azevedo Fontes Amaral

**MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NO  
SETOR DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**Dissertação no âmbito do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial orientada  
pela Professora Doutora Gabriela Aldora e apresentada no Departamento de  
Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.**

Julho de 2021



1 2



9 0

FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

# MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NO SETOR DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

## VALUE STREAM MAPPING IN THE RENEWABLE ENERGY SECTOR

Autor

**Inês Azevedo Fontes Amaral**

Orientadores

**Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes**

Júri

**Presidente** Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes  
Ferreira  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Vogais** Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Orientador** Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes  
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---

SIEMENS Gamesa

Coimbra, Julho, 2021

*“Aqueles que passam por nós não vão sós.  
Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós”*

Antoine de Saint-Exupery

Ao meu irmão Gonçalo

## Agradecimentos

Por incrível que pareça, este é, sem dúvida, o capítulo mais difícil de escrever, pois por muito que se diga, nunca vai ser suficiente para demonstrar o quanto estou agradecida a Coimbra e a todas as pessoas que fizeram parte deste caminho tão especial.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes, pela orientação e disponibilidade que sempre teve.

Aos orientadores da empresa, Paulo Costa, pelos desafios propostos para que me conseguisse superar. Ao Daniel Almeida, pela ajuda e por ter acreditado que eu era capaz. Ao Hugo, que me deu a maior das ajudas sempre que necessitava.

Aos meus pais, por serem mesmo os melhores do mundo, por partilharem comigo memórias inesquecíveis em Coimbra e não só, por serem o meu maior suporte, por serem o meu porto seguro e por acreditarem mais em mim que eu própria. Aos meus padrinhos, por todo o apoio que me deram e continuam a dar.

À Catarina e ao Joaquim, por serem os irmãos que eu nunca tive e a toda a minha família, por ser tão única como Coimbra.

Aos meus de Ovar, por nunca mudarem mesmo quando estávamos meses sem nos vermos, e por, apesar de serem complicados, serem os que eu escolhi e voltava a escolher as vezes que fossem precisas. À Ana, por ser a minha maior confidente e por estar sempre do meu lado.

Sempre me disseram que os anos académicos são os melhores da nossa vida e que as amizades da universidade são para a vida, e neste momento, eu tenho a certeza disso. Por isso, agradeço às minhas amigas, que são, sem sombra de dúvidas, para a vida toda: à Carolina, à Zangui, à Teresa e à Aposta, por todos os momentos partilhados.

Aos “NaçaPaco”, pelos momentos mais únicos que vivi, um brinde a vocês.

À minha afilhada, por ser “a melhor amiga de uma amizade mais forte”.

Obrigada, Coimbra, eu prometo que vou voltar, sempre que puder, ou não fosses tu o meu sítio favorito. Pode parecer clichê, mas o sol de Coimbra é mesmo diferente do sol do resto do mundo.



## Resumo

A presente dissertação desenvolve um *Value Stream Mapping* (VSM) com o objetivo de definir e implementar melhorias práticas no processo de corte da Siemens Gamesa. Através deste, consegue-se ter uma perspectiva de todo o processo e a análise do mesmo, permitindo assim, identificar melhorias que reduzam a ineficiência do processo.

A metodologia de investigação proposta para o desenvolvimento deste projeto é demonstrada através da *Research Onion* que segue uma abordagem dedutiva e uma estratégia estudo de caso, onde se pretende desenvolver um estudo intensivo num contexto real tendo por base teorias já desenvolvidas. Os métodos de investigação que deram suporte a este estudo de caso foram: análise documental, observação, entrevistas não estruturadas e ainda um *focus group*.

Assim, conseguiu-se identificar problemas no processo de corte, tais como, a desorganização de algumas áreas, inutilização de duas máquinas, deslocações desnecessárias, falta de espaço para armazenamento de *stock* de matéria-prima, entre outros. De forma a resolver estes, algumas melhorias foram surgindo e discutidas num *focus group*.

Assim, definiu-se quais as prioritárias, através de uma matriz esforço/impacto, sendo que as melhorias que apresentaram maior impacto, dizem respeito à alteração da cor das etiquetas e a utilização das duas máquinas que se encontravam inutilizadas. Com estas, conseguiu-se reduzir o tempo de ciclo total de 10,1 horas para 9,3 horas. Outras melhorias implementadas, dizem respeito aos 5S, e é de destacar a reorganização do armazém e a aquisição da tenda de apoio.

Ao longo da investigação sentiu-se que a recolha e análise de tempos era muito demorada, devido à extensão das tarefas do processo de corte, sendo esta a principal limitação do projeto.

O VSM foi apenas aplicado ao projeto SG145, no entanto, algumas destas melhorias são transversais a outros projetos.

**Palavras-chave:** Mapeamento de Fluxo de Valor, *Lean*, Desperdício, 5S





## Abstract

This dissertation develops a Value Stream Mapping (VSM) with the objective of defining and implementing practical improvements in the cutting process of Siemens Gamesa.

Through this, it is possible to have a perspective of the whole process and its analysis, thus allowing the identification of improvements that reduce inefficiency throughout the process.

The research methodology proposed for the development of this project is demonstrated through Research Onion, which follows a deductive approach and a case study strategy, where we intend to develop an intensive study in a real context based on theories already developed. The research methods that supported this case study were: document analysis, observation, non-structured interviews, and a focus group.

Thus, it was possible to identify problems in the cutting process, such as, the disorganization of some areas, the non-utilization of two machines, unnecessary displacements, lack of space for storage of raw material *stock*, among others.

In order to solve these, some improvements were emerging and discussed in a focus group.

Thus, we defined which ones were priorities, through an effort/impact matrix, and the improvements that had the greatest impact, relate to changing the color of the labels and the use of two machines that were unused. With these, it was possible to reduce the total cycle time from 10.1 hours to 9.3 hours. Other improvements implemented relate to the 5S, and it is worth mentioning the reorganization of the warehouse and the acquisition of a support tent.

During this research the collection and analysis of times was very time consuming, due to the extension of the processes in the cutting area, this was the main limitation of the project.

The VSM was only applied to the SG145 project, however, some of these improvements are transversal to the other projects.

**Keywords** Value Stream Mapping, Lean, Waste, 5S



---

## Índice

Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas .....	xv
Siglas .....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Breve Apresentação da Empresa .....	2
1.3. Objetivos de Investigação .....	4
1.4. Metodologia de investigação .....	4
1.5. Estrutura da Dissertação .....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	7
2.1. Pensamento <i>Lean</i> .....	7
2.2. Ferramentas <i>Lean</i> .....	12
2.3. <i>Value Stream Mapping</i> .....	15
2.4. Métodos e Tempos.....	23
2.5. Sumário.....	25
3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	27
3.1. Plano de Investigação .....	27
3.2. Recolha e Análise de Dados .....	29
4. RESULTADOS .....	33
4.1. Construção do VSM do Processo de Corte.....	33
4.2. Definição e Priorização de Melhorias ao Processo de Corte .....	50
4.3. Implementação e Avaliação das Melhorias Introduzidas no Processo de Corte ..	53
4.3.1. Tarefa de Abastecer as <i>Lectras</i> .....	53
4.3.2. Tarefa de Corte nas <i>Lectras</i> .....	59
4.3.3. Tarefa de Preparação OP, OT e Identificações.....	68
4.3.4. Tarefa de “Rodar” os Tubos .....	71
4.3.5. Tarefa de Picagem .....	73
4.3.6. Tarefa de Costura.....	74
4.3.7. Outras Melhorias Implementadas .....	77
5. CONCLUSÕES .....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87
ANEXO A .....	91
ANEXO B .....	92
ANEXO C .....	93
ANEXO D .....	94
APÊNDICE A .....	95

APÊNDICE B.....	96
APÊNDICE C.....	97

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Research Onion</i> .....	5
Figura 2 - Mudança de Mentalidade.....	10
Figura 3 - <i>Lead Time</i> , Tempo de ciclo e Tempos de Espera .....	20
Figura 4 - Símbolos utilizados no VSM .....	21
Figura 5 - Diferenças entre o sistema <i>Push</i> e <i>Pull</i> .....	22
Figura 6 - Tipos de Processos e Técnicas de Medição de Tempos .....	24
Figura 7 - Componentes da Pá Eólica .....	33
Figura 8 - Fluxograma do Processo de Corte .....	35
Figura 9 - Etiqueta .....	36
Figura 10 - <i>Lectra</i> - Máquina de Corte de Fibras .....	37
Figura 11 - Enrolamento de fibra (esquerda) e embalagem das peças (direita) .....	37
Figura 12 - Divisão dos diferentes processos relativamente a NNVA, NVA e VA.....	44
Figura 13 - VSM Processo de Corte.....	49
Figura 14 - Tubo de Cartão em Tubo preto .....	51
Figura 15 - Matriz Esforço/Impacto das possíveis melhorias a implementar .....	51
Figura 16 - <i>Layout</i> Armazém Matéria-Prima .....	55
Figura 17 - <i>Layout</i> Tenda de Apoio ao Corte.....	56
Figura 18 - Tenda com as identificações colocadas .....	56
Figura 19 - Porta-Chaves com os BINS .....	57
Figura 20 - Identificações Colocadas no Armazém de apoio ao corte .....	57
Figura 21 - Zonings Tenda de Apoio ao Corte.....	58
Figura 22 - Exemplo de empilhar paletes.....	58
Figura 23 - Relação Preço/Duração dos Marcadores .....	60
Figura 24 - Tubo a Enrolar Plástico Vermelho.....	60
Figura 25 - Oteman (esquerda) e Wondermatric (direita) .....	61
Figura 26 - Modelo de uma peça a direito.....	61
Figura 27 - Desorganização da Área .....	65
Figura 28 - <i>Layout</i> "as is" .....	65
Figura 29 - <i>Layout</i> "to be" .....	66

Figura 30 - Quadro Top 5 .....	66
Figura 31 - Área com o <i>Layout</i> devidamente alterado .....	67
Figura 32 - Sentido de Enrolamento Favorável das Peças .....	68
Figura 33 - Lixo Eliminado da Mesa das Preparações .....	69
Figura 34 – Mesa de preparação antes e depois de aplicar 5S .....	69
Figura 35 - Antes e Depois dos 5S na mesa das preparações.....	70
Figura 36 – Tubos antigos, novos e respectiva etiqueta.....	71
Figura 37 – Tubos de cartão com diferentes diâmetros.....	72
Figura 38 – Cor das etiquetas anteriores e a nova opção.....	73
Figura 39 - Carro Destinado a Peças Costuradas Abastecido .....	76
Figura 40 – Lixo eliminado .....	77
Figura 41 – Organização das gavetas .....	78
Figura 42 – Antes e Depois dos 5S.....	79
Figura 43 – <i>Zoning</i> furador e agrafador .....	79
Figura 44- Tabuleiros com fita cola de dupla face .....	80
Figura 45 – Disposição atual dos computadores na mesa dos supervisores.....	80
Figura 46 - Carro Azul Antes dos 5S e Depois dos 5S .....	81

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Objetivos e Métodos de Investigação.....	5
Tabela 2 - Símbolos utilizados no Fluxograma .....	17
Tabela 3 - Diferentes tipos de tarefas .....	24
Tabela 4 - Métodos utilizados na recolha e análise de dados .....	31
Tabela 5 - Tempos recolhidos dos diferentes processos na área de corte (preparações).....	41
Tabela 6 - Análise dos tempos recolhidos (preparações) .....	42
Tabela 7 - Tempos analisados através dos ficheiros <i>excel</i> (tarefa corte nas <i>lectras</i> ) .....	43
Tabela 8 - Tempos recolhidos na área de corte (tarefa costura) .....	43
Tabela 9 - Tabela com os tempos recolhidos na área de corte (tarefa abastecimento das <i>lectras</i> ).....	44
Tabela 10 - Quantidade de fibra necessária para o projeto SG145 .....	47
Tabela 11 - Conversão quilogramas de fibra disponíveis em número de pás .....	47
Tabela 12 - Compilação das Sugestões de Melhoria a Implementar.....	50
Tabela 13 - Percentagem de Fibras mais e menos utilizadas .....	54
Tabela 14 - Larguras e comprimentos dos reforços das <i>webs</i> .....	62
Tabela 15 - Combinação das larguras e comprimentos dos reforços das <i>webs</i> .....	63
Tabela 16 –Tempos de Ciclo Recolhidos da Picagem com Etiquetas Claras .....	74





---

## SIGLAS

BOM – Bill Of Materials  
CNC – Comando Numérico Computorizado  
EPE – Every Party Every  
FIFO – First In First Out  
GAT – Grupo Autónomo de Trabalho  
LE – Leading Edge  
LEBC - Leading Edge Bonding Cap  
NNVA – Necessary but Non-Value Added  
NVA – No Value Added  
OP – Ordem de Produção  
OT – Ordem de Transporte  
PDP – Planeamento de Produção  
PS – Pressure Side  
QR – Quick Response  
SAP - Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung  
SG – Siemens Gamesa  
SGRE - Siemens Gamesa Renewable Energy  
SMED – Single Minute Exchange of Die  
SU – Storage Unit  
SS – Suction Side  
TE – Trailing Edge  
TEBC - Trailing Edge Bonding Cap  
VA – Value Added  
VSM – Value Stream Mapping  
WID - Waste Identification Diagram



# 1. INTRODUÇÃO

Para concluir o meu percurso académico no mestrado de Engenharia e Gestão Industrial desafiei-me a um estágio curricular, de forma a conseguir ter uma visão do que é o contexto empresarial bem como a sua dinâmica.

O meu projeto foi desenvolvido na *Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.* ao longo de cinco meses, de maneira a terminar este meu percurso num contexto mais prático que me desse a oportunidade de conhecer o contexto industrial.

## 1.1. Enquadramento

Segundo Melton (2005), para os *lean thinkers* o ciclo de melhoria nunca termina, porque a perfeição nunca se atinge, ou seja, existe sempre algo que se pode melhorar e naturalmente diminuir o desperdício.

O desperdício pode estar sob diversas formas, entre elas movimento, transporte, espera, defeitos, excesso de processos, produção excessiva e inventário (Lacerda et al. 2016). Além destes tipos de desperdício, um novo desperdício foi introduzido por Liker e Meier (2006) em Lacerda et al. (2016) relativamente ao talento das pessoas, ou seja, ocorre quando a capacidade das pessoas não é aproveitada para trazer benefícios tanto para a empresa como para os próprios trabalhadores.

Nos dias que correm, as empresas estão cada vez mais competitivas entre si, e por isso, é extremamente necessário eliminar todo o desperdício que for possível.

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma das ferramentas mais poderosas para identificar desperdícios e atuar sobre os mesmos ao longo de todo o processo, uma vez que, ajuda a desenvolver o mapa do estado atual do processo perfazendo o retrato visual de como a empresa está a funcionar no momento (Kale & Parikh, 2019).

Para se conseguir entender o processo em estudo a 100% é aconselhado fazer-se um *gemba walk*, que consiste em andar pelo processo de forma a observar como é que ele se procede e a documentá-lo, para obter a visão real do processo (Dombrowski & Mielke, 2013).

O presente projeto, foi desenvolvido na *Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.*, que é uma empresa produtora de pás eólicas, num mercado competitivo que mesmo assim consegue distinguir-se sendo líder de mercado.

A cultura da empresa está ligada ao *lean* pois defende que se deve fazer sempre mais e melhor com menos, com isto, pretende otimizar ao máximo os seus processos através da redução dos desperdícios.

A área de corte das fibras de vidro é uma das fases necessárias para a construção de uma pá eólica, pois é fundamental cortar as fibras de vidro para que estas sejam colocadas nos moldes das pás eólicas de forma correta.

Por isso, e sendo este o primeiro processo da construção de uma pá eólica, parece adequado desenhar-se um VSM para que se consiga alcançar um processo mais eficaz, visto que, se a área de corte se atrasar, todo o processo produtivo vai, conseqüentemente, atrasar.

Ao construir o VSM, pretende-se identificar desperdícios e potenciais melhorias, de forma a se conseguir um fluxo constante, estas melhorias podem ser aplicadas através das diversas metodologias *lean* existentes.

Algumas das metodologias *lean* que foram tidas em conta para a realização deste projeto, além do VSM, foram: 5S, SMED (*Single Minute Exchange of Die*), *Line Balancing*, *Poka-Yoke*, entre outras.

Para implementar estas metodologias *lean* é necessário compreender o contexto empresarial do estudo de caso, pelo que o próximo capítulo pretende fazer uma breve apresentação da empresa.

## **1.2. Breve Apresentação da Empresa**

O estágio curricular realizou-se na *Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.*, que é uma fábrica que produz pás eólicas, criada em 2017 pela fusão da *Siemens Wind Power* e da *Gamesa*.

A *Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.* é líder de mercado no que toca à produção de pás eólicas, sendo a número em *offshore*, no entanto, também ocupa um lugar de liderança em *onshore* com o terceiro lugar no mercado.

Como existe uma grande procura deste produto (*onshore*), houve a necessidade de se desenvolver avanços tecnológicos, que tornaram a energia eólica *onshore* uma das fontes de energia renováveis mais competitivas e econômicas.

No caso particular da empresa onde foi desenvolvido o projeto, apenas se produzem pás eólicas para *onshore*, onde existem três projetos a decorrer em simultâneo, sendo eles: SG145, SG155 e SG170, estes valores representam os diferentes diâmetros das pás eólicas a serem produzidas.

A cultura da empresa relaciona-se com a cultura *lean* pois defende que se consegue produzir sempre mais e melhor com o mínimo possível.

A missão desta empresa resume-se a “Tornamos real o que importa: energia limpa para as gerações futuras”. A visão prende-se com o facto de quererem “ser líderes mundiais no setor das energias renováveis, impulsionando a transição para um mundo sustentável”.

O principal propósito traduz-se em fornecer às pessoas capacidades suficientes para liderarem o futuro.

Relativamente aos valores estes passam pela atitude do proprietário, pois ao motivar as pessoas e ao envolvê-las nos processos, eles próprios são os impulsionadores para o sucesso da empresa.

O foco no cliente, é outro dos valores primordiais e passa por tentar ao máximo satisfazer as necessidades e otimizar a entrega. Outro valor é a inovação, tal como o nome indica relaciona-se com uma procura constante de novas soluções.

A liderança impactante é outro dos valores que se traduz em inspirar os trabalhadores dando o exemplo da cultura e valores comuns. A orientação dos resultados, ou seja, demonstrar que os resultados são importantes quando se entrega em tempo, de forma hábil a um custo adequado.

Por fim, valorizar as pessoas é outro grande valor desta empresa, ao demonstrar a importância que cada um tem para o sucesso da empresa.

A empresa está dividida em duas grandes áreas, a área dos moldes e a área dos acabamentos, esta consiste na parte final do processo, onde se resolvem defeitos e se pintam as pás eólicas.

### 1.3. Objetivos de Investigação

No âmbito do estudo de caso proposto pela *Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.* foram definidos alguns benefícios a atingir, tais como, a redução do desperdício, o aumento da taxa de rendimento sintético (TRS) das máquinas que corresponde à eficiência da etapa de corte nas *lectras* e diminuição do tempo de ciclo.

Para isso, foi necessário definir os principais objetivos deste projeto que passam por:

- Objetivo 1: Construção do VSM do processo de corte;
- Objetivo 2: Definição e priorização de melhorias ao processo de corte;
- Objetivo 3: Implementação e avaliação das melhorias introduzidas no corte.

Através dos objetivos referidos anteriormente, pretende-se responder à seguinte pergunta de investigação: “Como obter processos mais otimizados de forma a diminuir o tempo de ciclo e o desperdício?”

### 1.4. Metodologia de investigação

A Metodologia de Investigação pretende abordar a forma como o projeto foi sendo desenvolvido e qual a sua base, desde a fase inicial até à final. Para isto, recorreu-se a *Research Onion* de Saundres et al. (2019).

No que diz respeito à filosofia a abordar pretende-se clarificar a forma como o investigador tem presente a realidade, por isso, e tendo em conta a perspetiva do mesmo, a filosofia mais adequada é o pragmatismo, uma vez que, esta defende que ocorra ação para atuar sobre problemas.

A abordagem para desenvolver este projeto é a dedutiva, pois utiliza teorias já desenvolvidas por outrem de forma a entender a sua aplicabilidade prática e os resultados que estas podem trazer.

Na estratégia adotada para o problema definiu-se que seria o estudo de caso, tendo em conta o contexto empresarial, pois nesta estratégia é necessário que ocorra um estudo

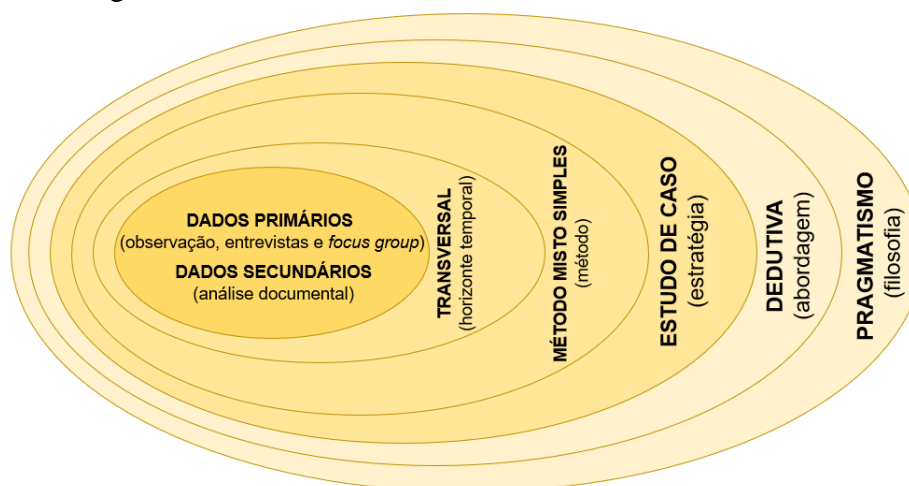
intensivo num cenário real. O horizonte temporal de recolha de dados é transversal, pois, estamos perante um estágio curricular e este tem a curta duração de cinco meses.

Seguidamente, o método a utilizar, é o método misto simples, ou seja, combinam-se dados qualitativos e quantitativos.

Neste projeto recorreu-se a dados primários que se prendem com a observação do processo, a recolha de tempos, as entrevistas não estruturadas, com o objetivo de conhecer melhor o processo de corte, e, ainda a realização de um *focus group* para discutir ideias e perceber quais seriam as aplicáveis ao processo.

Quanto aos dados secundários, tem-se a análise documental de dados presentes na base de dados da *Siemens Gamesa*, tanto no SAP como em ficheiros *excel*.

De forma a sumarizar a metodologia de investigação, as várias camadas estão identificadas na Figura 1.



**Figura 1 - Research Onion**

[Adaptado de “*Research methods for business students*” de Saundres et al. (2019)]

A Tabela 1 apresenta os métodos de investigação utilizados para cada um dos objetivos definidos.

**Tabela 1 - Objetivos e Métodos de Investigação**

Objetivos de Investigação	Métodos de Investigação
<b>Obj.1:</b> Construção do VSM do processo de corte	Observação Estruturada, Entrevistas Não Estruturadas, Análise Documental
<b>Obj.2:</b> Definição e priorização de melhorias ao processo de corte	Entrevistas Não Estruturadas e <i>Focus Group</i>
<b>Obj.1:</b> Implementação e avaliação das melhorias introduzidas no processo de corte	Observação Participativa e Entrevistas Não Estruturadas

## 1.5. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos distintos.

O capítulo 1 (Introdução), é caracterizado por fornecer uma contextualização do projeto a desenvolver, desde o enquadramento do mesmo, uma breve contextualização da empresa onde o estágio curricular decorreu, os objetivos e a metodologia de investigação que se seguiu para a realização do projeto.

No capítulo 2 (Revisão da Literatura), está presente a revisão bibliográfica, que diz respeito aos principais conceitos que sustentam o projeto, tais como o pensamento *lean*, algumas ferramentas *lean*, em particular o VSM. No final, ainda se abordam os conceitos de métodos e estudo de tempos, necessários para a construção do mesmo.

Seguidamente, no capítulo 3 (Metodologia de Investigação) foi abordada a *Research Onion* (Saundres et al. 2019) para apresentar a metodologia adotada ao longo do projeto.

Seguidamente, no capítulo 4 (Resultados) estamos perante uma explicação dos resultados obtidos através das implementações de algumas ações também apresentadas, planeadas e discutidas neste capítulo, de forma a compreender que influência estas tiveram, e como foram implementadas.

Por fim, o capítulo 5 (Conclusões), resume as principais conclusões retiradas do projeto, e ainda aborda algumas limitações que foram sendo ultrapassadas ao longo do projeto, bem como outras que não se conseguiram ultrapassar.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo, apresenta a revisão de literatura para que esta sustente a implementação deste projeto, mostrando os diversos conceitos abordados e aplicados ao longo da dissertação e, identificando assim as principais bases da mesma.

Depois de compreender o conceito de pensamento *lean* e a sua utilização, são apresentadas algumas das ferramentas mais utilizadas para desenvolver este pensamento, como os 5S, SMED, *Poka-Yoke*, VSM, entre outras.

Após uma pesquisa sobre as diversas ferramentas, definiu-se que o VSM é uma das principais para o desenvolvimento deste projeto, por ser uma ferramenta poderosa em identificar desperdícios.

De modo a construir o VSM, é necessário fazer medições e análise de tempos, e por isso também está presente neste capítulo os métodos a utilizar.

### 2.1. Pensamento *Lean*

Em 1908, quando surgiu o modelo de Henry Ford e o conceito de produção em massa, houve uma grande mudança no mundo dos negócios industriais, pois este modelo permitiu a redução de custos de produção do produto final e ainda garantiu um aumento da qualidade dos produtos produzidos (Ribeiro et al. 2019).

Utilizando as palavras de Melton (2005) o *lean* é como uma revolução que não se baseia apenas na aplicação de ferramentas, vai muito para além disso e é preciso compreender com clareza o processo onde se deseja atuar.

*Lean* é uma abordagem sistemática com o objetivo de eliminar o desperdício e aplica-se a toda a empresa, para que se atenda às necessidades dos clientes, portanto, é crucial usar ferramentas *lean* e se possível interligá-las para se alcançar a eficácia máxima (Kilpatrick, 2003).

Womack e Jones (2003) definem os cinco princípios do *lean* como: *value, value stream, flow, pull* e *perfection*.

*Value*, é o princípio que defende que o valor é o ponto de partida do pensamento *lean*, e este apenas pode ser determinado pelo cliente, no entanto, quem o cria é o produtor.

No que diz respeito ao *value stream*, este princípio está interligado com o fluxo de valor, e representa todas as tarefas que são imprescindíveis para a criação de um produto ou serviço, ou seja, tudo o que não for necessário e que o cliente não valoriza é considerado desperdício e como tal, deve ser eliminado (Womack & Jones, 2003).

O terceiro princípio refere-se ao *flow*, tal como o próprio nome indica, este princípio passa por deixar as etapas anteriores fluírem. O quarto princípio designa-se por *pull*, que defende que se deve produzir consoante a procura do cliente (Womack & Jones, 2003).

Por fim, *perfection*, que por outras palavras, significa melhoria contínua, isto é, existe sempre algo para melhorar e sempre que possível deve-se atuar para atingir essas melhorias (Womack & Jones, 2003).

Portanto, o pensamento *lean* começa com o cliente e a sua definição de valor, sendo este o primeiro princípio do *lean*, no entanto, para se conseguir obter sucesso também é necessário identificar o desperdício. Segundo Mohan Prasad et al. (2020), desperdício é qualquer tempo que o produto esteja parado à espera numa fila.

Infelizmente, o desperdício pode estar sob muitas formas e muitas vezes a sua presença não é perceptível, por isso, é essencial analisar o processo a todos os níveis para o conseguir identificar.

Desperdício, é tudo aquilo que não acrescenta valor para o cliente, e que o mesmo não está disposto a pagar por, segundo Ohno (1998) em Lacerda et al. (2016), pode estar presente nas seguintes situações:

- Movimento – todos os movimentos que um trabalhador faz e que não acrescenta valor para o produto, é considerado desperdício, por isso, devem-se evitar deslocamentos desnecessários e minimizar as que são necessárias.
- Transporte – mover produtos e materiais dentro de uma fábrica, requer sistemas de transporte que aumentam o *lead time* e que podem danificar os produtos/materiais.
- Inventário – o *stock* em excesso normalmente tem que ver com a existência de *bottlenecks* ou processos desequilibrados.

- Espera – todos os tempos de espera, seja de pessoas, materiais ou equipamentos, são desperdícios.
- Defeitos – são, tal como o nome indica, problemas com o produto, normalmente relacionados com a qualidade que podem levar a reclamações por parte do cliente e que geram retrabalho.
- Produção excessiva – produção de mais produtos do que aqueles que são necessários, provocando um aumento do *stock* e consequentemente, um aumento do espaço no armazém para colocar o mesmo, com custos associados.
- Processos excessivos – qualquer tarefa que não acrescente valor para a empresa pode ser considerada desperdício e deve ser eliminada.

Segundo Liker e Meier (2006) em Lacerda et al. (2016) existe um oitavo desperdício que se deve ter em conta:

- Talento – isto é, desperdício do potencial que cada pessoa tem, desde habilidades físicas, criativas e até mentais, assim, pode-se estar a perder grandes oportunidades de melhoria por não considerar o que as outras pessoas têm para dizer.

Este último desperdício quando acontece, contradiz o pensamento *lean*, que defende que todos os indivíduos são importantes e podem contribuir com resultados significativos se lhes for dada uma oportunidade, então, devem-se arranjar mecanismos para combater este, assim como todos os outros (Dombrowski & Mielke, 2013).

Os maiores benefícios, de acordo com Melton (2005), que se podem obter através do pensamento *lean* são, a redução do desperdício no processo, a redução do *lead time*, a redução da necessidade de efetuar retrabalho, o aumento da compreensão do processo, a redução de inventários e ainda uma melhor economia financeira.

Um novo conceito relacionado com o *lean* designa-se *lean manufacturing* que pode ser implementado de duas formas diferentes, segundo Deshkar et al. (2018), o primeiro método consiste em identificar todos os desperdícios presentes no processo de produção e eliminá-los, principalmente os que têm um maior impacto.

O outro método é direcionado em tornar o processo de produção o mais simples possível, para eliminar possíveis irregularidades e tornar o processo estável com o mínimo de variabilidade (Deshkar et al., 2018).

Após estes benefícios que se consegue obter através do *lean*, é normal questionar-se o porquê de existirem empresas que não aplicam este pensamento que tantas vantagens lhes podem trazer.

Contudo, a mudança é um fator que tem que ser trabalhado, é preciso mudar a mentalidade das pessoas como podemos ver na Figura 2 (Tapping & Shuker, 2003).



**Figura 2** - Mudança de Mentalidade  
[Fonte: Adaptado de Tapping e Shuker (2003)]

Mudar a forma como as pessoas vêm as coisas é mais difícil do que aquilo que parece, as pessoas habitua-se a fazer um processo de determinada maneira durante anos, o que torna muito difícil mudar a forma como o fazem e para isso, é necessário explicar-lhes a importância que pequenas mudanças podem trazer, até mesmo para o benefício das próprias, como menos carga de trabalho (Tapping & Shuker, 2003).

Um conceito que se pode aplicar de maneira a mudar mentalidades é o *lean leadership*, este defende que o maior desafio que as empresas têm na implementação de metodologias *lean* é a mudança de mentalidade, tanto dos trabalhadores como dos líderes/supervisores (Dombrowski & Mielke, 2013).

É muito proveitoso entender a importância que os trabalhadores têm na implementação destas metodologias, é crucial que estes colaborem, e que acima de tudo se mantenham motivados.

Em primeiro lugar, mantê-los envolvidos é um passo muito grande para que eles aceitem as mudanças que se vão realizar. Em segundo, os trabalhadores são as pessoas que melhor conhecem os processos e por isso, reconhecem melhor que ninguém os defeitos e incongruências que estes têm (Dombrowski & Mielke, 2013).

De acordo com Womack (2003) em Oliveira et al. 2017, as empresas deveriam esforçar-se para que os trabalhadores entendam a importância de identificar problemas, assim como as suas causas, sendo que esta identificação não deve ser um motivo de repreensão, mas sim, uma forma de elogiar o trabalhador por estar atento a questões que podem levar a empresa a melhorar.

Para que o *lean leadership* funcione, é importante ter em conta cinco princípios, sendo o primeiro definido como cultura de melhoria contínua, ou seja, passa por compreender que todos os comportamentos que advém de um esforço contínuo de melhorar, podem ter um grande impacto na empresa (Dombrowski & Mielke, 2013).

Neste princípio, o mais importante é ter um pensamento *lean* a longo prazo, e perceber que a falha é uma oportunidade para melhorar, o importante é encontrar a causa e atuar sobre a mesma para garantir que essa falha não se repete (Emiliani, 2008).

O segundo princípio diz respeito ao autodesenvolvimento, onde por vezes é necessário que os comportamentos da liderança alterem, pois, a personalidade do líder simboliza para os trabalhadores um exemplo (Liker & Convis, 2012 em Dombrowski & Mielke, 2013).

De seguida, existe o princípio referente à qualificação, isto é, além do autodesenvolvimento, os líderes têm de desenvolver os outros, pois a qualificação dos trabalhadores é necessária para que consigam lidar com eventuais problemas de maneira a estarem envolvidos no processo de melhoria contínua (Liker & Convis, 2012 em Dombrowski & Mielke, 2013).

Um dos maiores princípios do *lean leadership* designa-se por *gemba*, que é um termo japonês cujo significado é local de trabalho. Este princípio, defende que os líderes devem ir ao chão de fábrica, regularmente a fim de compreender os processos.

Deste modo, conseguem tomar as decisões acertadas com base no conhecimento que adquirem por verem com os próprios olhos o que ocorre no chão de fábrica.

Neste princípio, existem algumas regras que devem ser seguidas, segundo Imai (1997) em Dombrowski e Mielke (2013). *Go to gemba first*, esta regra afirma que quando ocorre um problema, os líderes devem ir ao local onde o mesmo se sucedeu.

Seguidamente, uma outra regra crucial para o princípio *gemba* é verificar, esta afirma que ao ir ao local onde ocorreu o problema, se deve analisar tudo o que possa estar envolvido com o mesmo e que seja o potencial motivo da sua causa, desde produtos e processos a pessoas. Outra regra é criar contramedidas temporárias, isto é, algumas contramedidas devem ser imediatamente aplicadas para satisfazer o cliente.

A quarta regra corresponde a detetar a causa raiz do problema em questão, pois caso contrário, a solução não vai ser eficaz por muito tempo. Depois de se encontrar a causa raiz, vem a quinta regra caracterizada por padronizar, ou seja, encontrar contramedidas para combater a causa raiz que devem ser aplicadas permanentemente.

Por fim, a última regra diz respeito a *hoshin kanri*. Esta defende que é fundamental alinhar as direções das atividades individuais para que todos sigam na mesma direção. É importante que cada equipa saiba qual é a sua contribuição para o objetivo geral.

## **2.2. Ferramentas *Lean***

Muitas ferramentas *lean* têm um enorme poder na melhoria contínua, no entanto, existem também algumas metodologias que podem ser adotadas para atingir o ciclo de melhoria contínua, tais como, o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) que é uma metodologia *lean*.

Muitos autores afirmam que é muito mais que uma metodologia *lean*, intitulando-a como uma filosofia de melhoria contínua dos processos, que deveria ser inserida na cultura organizacional das empresas (Silva et al., 2017).

Segundo Gorenflo e Jonh (2009) as quatro fases do ciclo são as seguintes:

- *Plan*: Identificação de oportunidades de melhoria e sua priorização, pela análise da situação atual do processo. Ocorre também nesta fase a identificação das causas dos problemas e possíveis ações para os resolver.

- *Do*: Implementação do plano de ação definido na etapa anterior e o registo de acontecimentos inesperados.
- *Check*: Verificação dos resultados das ações implementadas, de maneira a entender se foram de encontro com os resultados pretendidos.
- *Act*: Construção de métodos para padronizar a melhoria, repetindo-se o teste para recolher novos dados e reavaliar a implementação. Caso os resultados não sejam os esperados, deve-se abandonar as melhorias implementadas e pensar noutras, repetindo o ciclo novamente.

Além do PDCA, existem inúmeras ferramentas que podem ser aplicadas a qualquer tipo de negócio e que têm um potencial enorme. De acordo com um estudo feito por Arunagiri e Gnanavelbabu (2014), a ferramenta que tem um maior impacto na redução de desperdícios é os 5S. Esta teve origem no Japão, e combina cinco etapas (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014):

- *Seiri* – Utilização - consiste em separar o que é necessário do que é desnecessário, e colocar o que não é necessário no lixo.
- *Seiton* – Organização – resumidamente, cada coisa tem o seu lugar e esse lugar tem que estar bem definido.
- *Seiso* – Limpeza – consiste em limpar o local de trabalho, de forma a mantê-lo sempre limpo.
- *Seiketsu* – Padronizar – passa por criar regras de limpeza e organização que garantam as etapas anteriores, para manter tudo o que foi feito.
- *Shitsuke* – Disciplina – para a boa aplicação desta ferramenta é necessário adquirir o hábito de seguir os primeiros 4S.

No seguimento dos 5S também surge o conceito de gestão visual, este torna o ambiente de trabalho auto-orientado e autoexplicativo, o que corresponde a uma comunicação sem palavras nem voz. Utilizam-se meios de comunicação rápidos e intuitivos (Oliveira et al., 2017).

No entanto, esta ferramenta por si só não resolvia os problemas que todas as empresas têm, por isso, outras ferramentas *lean* existem para colmatar todos os desperdícios destas e melhorá-las dia após dia.

O *kanban*, surgiu para combater a tendência que as fábricas têm de produzir em excesso. O *kanban*, é um sinal visual que avisa as pessoas que têm de voltar a produzir e qual a quantidade necessária (Oliveira et al., 2017).

Segundo, Maalouf e Zaduminska (2019), a cada troca de produto existe o tempo de *setup*, que se deve reduzir ao máximo. Uma maneira de diminuir este tempo é criar lotes maiores do mesmo produto.

Contudo, isso acarreta um aumento nos custos, tanto de armazenamento como de manuseamento, uma vez que, ao se aumentar o tamanho do lote também se pode provocar grandes problemas de qualidade, conduzindo a desperdício de material. Para combater este problema e não ser necessário aumentar o tamanho dos lotes, existe a ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED). O SMED é uma metodologia que tem o objetivo de reduzir o tempo de mudança das ferramentas, isto é, o tempo de paragem das máquinas durante esse processo.

Para isso, as atividades são divididas em dois tipos: as atividades externas que são etapas que podem ser efetuadas com a máquina em funcionamento e as atividades internas que consistem nas atividades que só podem ser efetuadas quando a máquina está parada. A ferramenta SMED pretende converter o máximo de atividades internas em atividades externas (Oliveira et al., 2017).

Quanto à *line balancing*, é um procedimento onde se pretende agrupar tarefas em estações de trabalho, de forma a distribuir a quantidade de trabalho de maneira uniforme. Assim, para que este equilíbrio seja atingido no seu ponto máximo, o tempo de ciclo tem que ser igual ao *takt time* (Oliveira et al., 2017).

Quanto ao *poka-yoke* esta é uma ferramenta que permite evitar ou prevenir erros que possam acontecer, ou seja, é considerado um sistema anti erro. Segundo, Hollnagel (2004) em Saurin et al. (2012), o *poka-yoke*, pode estar dividido em três dispositivos distintos: os físicos (que simbolizam algo tangível para evitar o erro), os funcionais (que dizem respeito a algo que pode ser ligado ou desligado) e ainda os simbólicos (exigem interpretação).

Outra ferramenta bastante utilizada é o VSM, uma ferramenta poderosa na identificação do desperdício, já que, além de mapear os fluxos do material faz o mapeamento dos fluxos de informação. O VSM, para Abdulmalek e Rajgopal (2007), é também útil para identificar oportunidades de melhoria e as melhores ferramentas *lean* a utilizar.



De acordo com Melton (2005) o *Lean Enterprise Research Centre* (LERC, 2004), demonstra que apenas 5% das atividades acrescentam valor para o cliente, o que se traduz num valor muito baixo. De acordo com Monden (1993) em Hines e Rich (1997), os três tipos de atividades nas indústrias são: *Non Value Added* (NVA), *Necessary but Non Value Added* (NNVA) e *Value Added* (VA).

NVA, são atividades de puro desperdício que podem e devem ser imediatamente eliminadas. NNVA, são atividades necessárias, mas que não acrescentam valor para o cliente e por isso, devem ser reduzidas ao máximo. VA diz respeito às atividades que realmente acrescentam valor para o cliente.

Como se conseguiu verificar, segundo Rose et al. (2020), através da aplicação do VSM ocorreu uma melhoria abrupta do *lead time* ao eliminar-se cerca de dez atividades NVA.

Consegue-se assim, depreender que o VSM é uma das ferramentas que melhor permite a identificação de desperdícios. O próximo capítulo trata desta temática.

### ***2.3. Value Stream Mapping***

Como referido anteriormente, o VSM é visto como uma ferramenta dinâmica e poderosa, eficaz na identificação dos desperdícios, para que seja possível atuar sobre eles de forma a reduzi-los ou até mesmo eliminá-los. Permite uma visão geral sobre todo o processo, incluindo a parte da comunicação e informação, que é importante ter em conta ao longo do processo de produção (Nash & Poling, 2008).

O VSM reúne todas as ferramentas que permitem olhar para um processo completo e detetar quais as áreas a melhorar e quais são as que vão ser mais vantajosas para o processo inteiro (Lummus et al., 2006).

Segundo Nash e Poling (2008), para construir um VSM é necessário ter uma grande capacidade de observação, pois é crucial documentar o que está a acontecer tal e qual como o estamos a observar no momento exato, indo de encontro ao conceito de *gemba walk* que se abordou anteriormente.

Através do estudo de Ishak et al. (2018), consegue-se compreender as grandes melhorias que o VSM pode trazer para o negócio através da implementação de pequenas

mudanças, uma vez que, conseguiram reduzir as distâncias totais de 717 metros para 358 metros, o que em tempo corresponde a uma diminuição de 425 segundos.

Rother e Shook (2003) apresentam sete diretrizes cruciais para a realização do VSM. A primeira diz respeito em produzir para o *takt time*. Entende-se como a frequência com que se deve produzir um produto para satisfazer a procura do cliente, isto é, a cadência.

De seguida, a diretriz que Rother e Shook (2003) expõem é referente a desenvolver fluxo contínuo sempre que possível, ou seja, consiste em produzir uma peça de cada vez, passando de estação em estação sem existirem paragens, evitando assim o tempo de espera.

A seguinte diretriz defende que se deve usar “supermercados” para controlar a produção onde o fluxo contínuo não é possível ou não existe.

Posteriormente, deve ser planeada a produção num único processo. Tem que se definir apenas um ponto no fluxo de valor global, chamado de *pacemaker* (normalmente, é o processo que está mais próximo do cliente), onde se controla a produção definindo o ritmo dos processos anteriores (Rother & Shook, 1999).

De seguida, nivelar o *mix* de produção, isto é, distribuir a produção dos diferentes produtos de maneira uniforme ao longo do tempo determinado pelo *pacemaker*. Em vez de se produzirem todos os produtos X, e depois todos os produtos Y, deve-se alternar a sua produção, facilitando a capacidade de resposta às necessidades dos clientes e permitindo que os supermercados sejam menores (Rother & Shook, 1999).

Nivelar os volumes de produção, é uma outra diretriz que mostra que se deve criar um sistema *pull* inicial de forma a criar um ritmo de produção consistente (Rother & Shook, 1999).

Por fim, deve ser desenvolvida a capacidade *every party every* que representa a medida de tamanho do lote de produção. Esta descreve com que frequência é que se tem que alterar o processo para produzir diferentes produtos, de maneira a garantir que é possível produzir os distintos produtos, todos os dias (Rother & Shook, 1999).

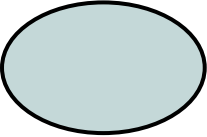


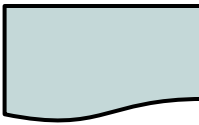
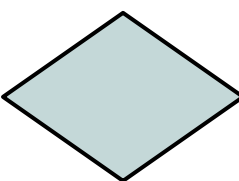

Além das diretrizes apresentadas anteriormente, existem fases de implementação do VSM, segundo Tyagi et al. (2014). Primeiramente é necessário fazer uma análise inicial, para que seja possível identificar os pontos que exigem maior atenção e têm um grande potencial de melhoria.

No caso do artigo escrito por Maalouf e Zaduminska (2019), o foco foi escolhido através da linha que representava o maior volume de produção da empresa, por ser onde existem mais oportunidades de melhoria.

É crucial compreender o processo para o potencializar, por isso, o fluxograma é uma ótima ferramenta, que permite compreender como é que os processos funcionam mas também começar a ter noção das fraquezas dos processos em si (Goetsch & Davis, 2016).

Para a concretização de um fluxograma existem alguns símbolos que devem ser considerados, representados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Símbolos utilizados no Fluxograma  
[Fonte: Adaptado de Goetsch e Davis (2016)]

 <p>Este símbolo representa o início ou fim de um processo.</p>	 <p>Significa que ocorreu uma entrada ou saída.</p>
 <p>Este símbolo representa uma etapa do processo, uma atividade ou tarefa.</p>	 <p>Demonstra que existe documentação produzida ou exigida pelo processo.</p>
 <p>Representa um ponto de decisão, onde o fluxo do processo se ramifica em pelo menos duas direções. A direção é definida pela decisão tomada.</p>	 <p>Simboliza uma preparação.</p>

De seguida, segundo Tyagi et al. (2014) começa-se por desenhar o estado atual do processo, para que seja a base da construção do estado futuro, de maneira a identificar as potenciais áreas de melhoria. Posteriormente, desenha-se o estado futuro onde se tenciona criar o fluxo contínuo através da eliminação de desperdícios, e construir o mapa com as melhorias já implementadas.

No entanto, existem diferentes adaptações do VSM. Apesar de ter imensos benefícios também tem as suas desvantagens (Khaswala & Irani, 2001). Algumas dessas estão ligadas a falhas quando existem produtos distintos que têm fluxos de material totalmente diferentes.

Outra desvantagem, é no VSM não existir nenhuma informação relativamente à economia, como por exemplo, o lucro ou custos operacionais.

Além destas desvantagens o VSM tende a ter em conta apenas os fluxos contínuos que são adequados para sistemas de alto volume e baixa variedade, contudo, para sistemas de alta variedade já não é aplicável. Existe de igual modo, uma grande falha no VSM para lidar com *bill of materials* (BOM) de produtos complexos.

Devido a estas desvantagens, sentiu-se necessidade de desenvolver um método alternativo para ser possível lidar com produtos diferentes e complexos. Este novo método teve por base o VSM tradicional, mas a sua designação é *Value Network Mapping* (Khaswala & Irani, 2001). As grandes diferenças deste novo método em comparação com o VSM tradicional, é o facto de este ajudar a identificar e a fundir múltiplos fluxos idênticos num único fluxo de valor.

Além disso, este novo método considera todas as peças internas que constituem o BOM, ao contrário do VSM que tende a focar-se apenas no componente chave. Para isto, o *Value Network Mapping* utiliza algoritmos de forma a agrupar caminhos similares de produtos diferentes, o que o torna mais complexo que o VSM (Khaswala & Irani, 2001).

Existem autores que preferem simular o estado futuro do processo, antes de o implementar efetivamente, como é o caso de Deshkar et al. (2018). Este passo, ajuda a perceber se as mudanças que se efetuam no processo realmente vão contribuir para a eficiência do mesmo ou não. Contudo, a simulação torna o procedimento do VSM muito mais complexo, o que em alguns contextos não é exequível.

Tendo por base Nash e Poling (2008), o VSM está então dividido em três secções, sendo estas, o fluxo de comunicação/informação (representado no topo do mapa), o processo ou fluxo de produção (representado no meio do mapa, que deve ser desenhado da esquerda para a direita, ou seja, do final do processo para o início) e ainda cronogramas e distâncias de viagens (são as linhas na parte inferior do mapa de fluxo de valor).

A abordagem “apenas faça” da filosofia de Taiichi Ohno mostra que o primeiro passo é identificar o cliente, de seguida identificar o fornecedor, fazer uma lista dos passos básicos, e identificar o ponto de controlo (Nash & Poling, 2008).

Antes de começar a mapear o estado atual, é importante usar o *gemba walk*, pois, deve-se andar pelo processo a observar e a documentar como é que o processo realmente funciona (Dombrowski & Mielke, 2013).

Usando as palavras de Rother e Shook (2003), os KPIS são muito importantes para analisar o fluxo de valor e construir decisões relativas a um sistema de produção. É importante usar essas métricas no VSM para identificar e eliminar atividades sem valor agregado. Essas métricas de acordo com estudos recentes, passam pelo *lead time*, *value added time*, tempo de ciclo e *takt time*.

O *takt time* é importante estar definido antes de se começar a mapear, uma vez que, é um dado crítico que fornece uma grande visão das necessidades e capacidades do fluxo de valor. O cálculo do *takt time* (Deshkar et al., 2018) é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$takt\ time = \frac{tempo\ disponível}{procura\ do\ cliente}$$

O tempo disponível diz respeito ao tempo em que os trabalhadores estão a trabalhar, sendo que as pausas, seja de almoço ou lanche, não devem estar incluídas (Nash & Poling, 2008).

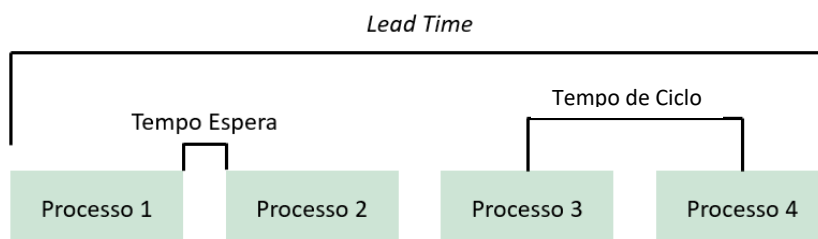
Além do *takt time*, existem outros dados que são igualmente importantes para se obter uma boa análise do processo, como o tempo de ciclo. Este dado é provavelmente o dado mais importante que se consegue obter através do VSM, representando o tempo necessário para efetuar uma tarefa, sem ter em conta os tempos de espera (Nash & Poling, 2008).

Quando este tempo é superior ao *takt time* estamos perante uma oportunidade de melhoria, o que significa que algo não está dentro dos conformes. Ao fazer a análise de cada tarefa deve-se comparar o tempo de ciclo da mesma com o *takt time* para se conseguir perceber se a tarefa é concluída no tempo necessário para satisfazer ou não a procura do cliente (Nash & Poling, 2008).

Ainda assim, o tempo de ciclo pode ser dividido em tempo com valor agregado e tempo sem valor agregado, o que permite entender onde é que o tempo sem valor agregado é elevado, atuando sobre essa atividade (Nash & Poling, 2008).

No que diz respeito ao *lead time*, este corresponde ao tempo que um produto demora a chegar ao cliente desde o momento em que se começa o processo até ser entregue, contando com os tempos de espera entre tarefas (Nash & Poling, 2008).

A Figura 3 permite esclarecer estes conceitos.



**Figura 3** - *Lead Time*, Tempo de ciclo e Tempos de Espera  
 [Fonte: Adaptado de Rother e Shook (1999)]

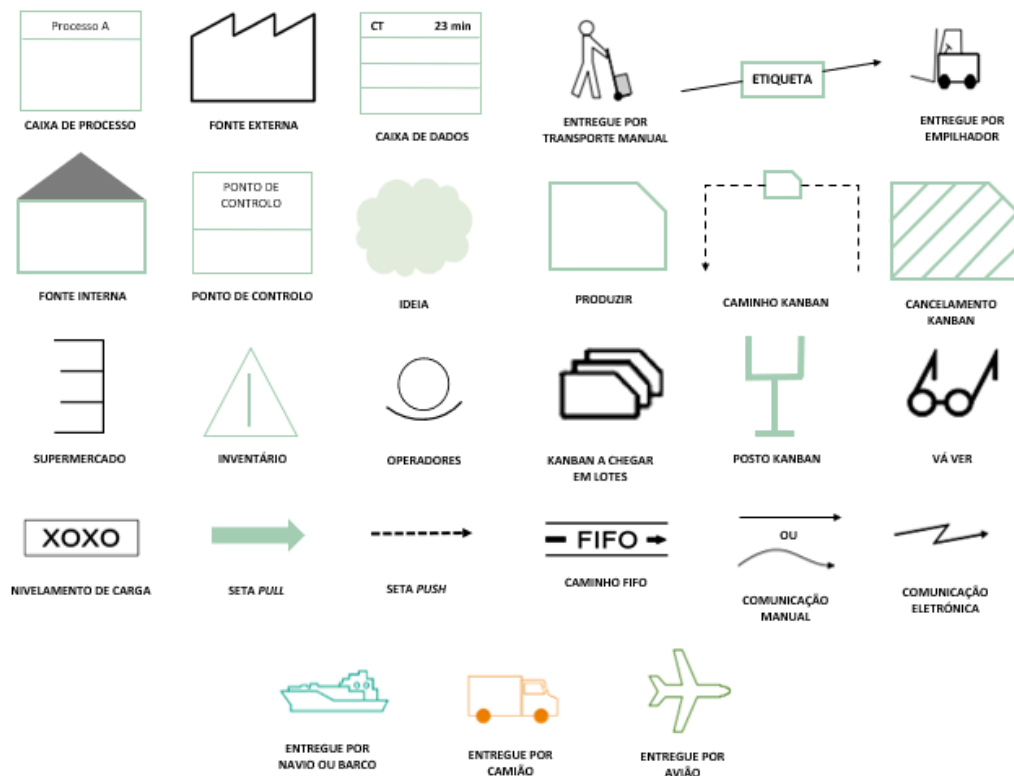
Outros dados importantes passam pelo número de trabalhadores que estão alocados a cada tarefa. Os defeitos também devem ser identificados pois significam que existe retrabalho ou então que o produto vai para o lixo. Esta informação demonstra que o processo pode ter problemas em relação a questões de qualidade, quando a percentagem de defeitos é muito elevada (Nash & Poling, 2008).

Quando existem equipamentos ou máquinas no processo, é importante referenciar o tempo de atividade dos mesmos, isto é, o tempo durante o qual o equipamento funciona corretamente sem falhas (Nash & Poling, 2008).

O tempo de *changeover*, também conhecido por tempo de *setup*, corresponde ao tempo necessário para carregar e descarregar peças de forma a reiniciar o ciclo. É visto como o tempo de troca (Deshkar et al., 2018).

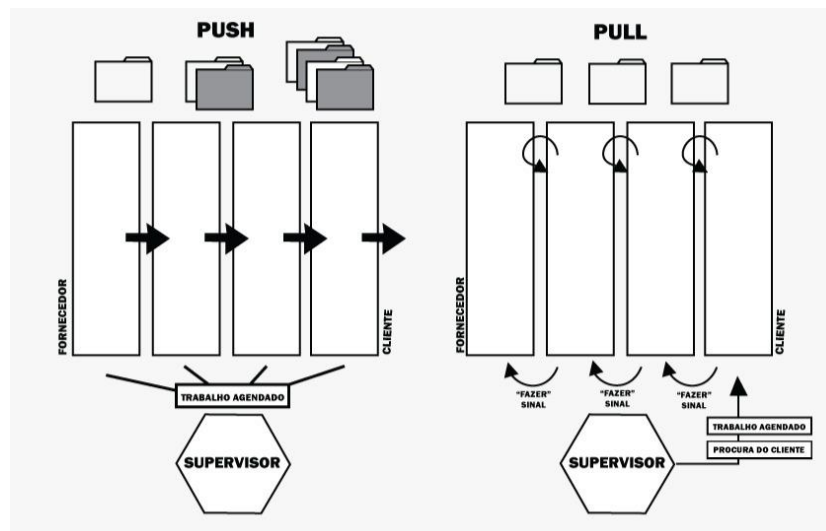
À medida que se vai construindo o VSM, consegue-se ir identificando eventuais problemas e áreas onde se podem efetuar melhorias. Por exemplo, quando existe uma grande variação no tempo de ciclo de tarefa para tarefa, mostra que podemos estar presentes *bottlenecks*, que é algo que se pretende eliminar do processo (Nash & Poling, 2008).

De acordo com o que já foi referido anteriormente o VSM deve ser compreendido por qualquer pessoa. Para que isso aconteça, é natural que existam algumas regras a seguir, tais como, utilizar símbolos padrão, o *layout* básico do mapa e criar um método estruturado de documentação. Os símbolos mais utilizados e os seus respetivos significados, estão representados na Figura 4.



**Figura 4** - Símbolos utilizados no VSM  
[Fonte: Adaptado de Nash e Poling (2008)]

Depois de uma breve análise do processo através do *gemba walk* bem como a obtenção dos dados necessários para se iniciar o mapeamento, uma das primeiras situações a ter em atenção é se o produto segue um sistema *push* ou *pull*. O sistema *pull* e o sistema *push* estão representados na Figura 5.



**Figura 5** - Diferenças entre o sistema *Push* e *Pull*  
 [Fonte: Adaptado de Tapping e Shuker (2003)]

Sempre que possível a melhor opção é optar por um sistema *pull*, que é um dos princípios do pensamento *lean* que se traduz em produzir quando e na quantidade que o cliente deseja. O sistema *pull* permite que não exista acumulação de produtos entre as diferentes tarefas (Tapping & Shuker, 2003).

Quando não é possível adotar um sistema *pull*, devem-se criar formas de controlar o inventário, sendo que a mais comum é o *first in first out* (FIFO): utilizar o material mais antigo primeiro e para isso, normalmente usam-se *racks* inclinadas onde se colocam os materiais (Tapping & Shuker, 2003).

No sistema *push* acaba por existir acumulação, o que conseqüentemente forma inventário, que é outro dado que se deve recolher através da observação do processo. No entanto, não é essencial obter a contagem do inventário de uma forma precisa, mas é relevante demonstrar onde ele existe (Nash & Poling, 2008).

Segundo Deshkar et al. (2018), o inventário são produtos que estão parcialmente acabados e que estão à espera para serem terminados, por isso, estes tempos devem de ser considerados.

De acordo com Nash e Poling (2008), uma das primeiras coisas que se deve eliminar é a comunicação e sabendo que, normalmente, num meio de produção as equipas focam-se muito no fluxo do processo, acabando por deixar de parte os problemas de comunicação, não significa que estes não existam.



Infelizmente, quando a comunicação não é feita da melhor maneira, acaba por se tornar excessiva e ineficiente que pode trazer grandes problemas.

Embora a comunicação formal seja facilmente reconhecida, a informal pode estar em qualquer lugar e por isso é mais difícil de identificar. Para se conseguir obter o máximo de informação possível relativamente a este tipo de comunicação, devem-se fazer perguntas e observar o dia a dia normal da produção.

Ao fazer o mapeamento do processo, a melhor forma de demonstrar que a confusão que existe neste se deve à comunicação, é representá-la no VSM, já que a comunicação em excesso é desperdício e portanto, deve-se atuar sobre este problema (Nash & Poling, 2008).

É fundamental representar ao máximo tudo aquilo que se vê no momento em se está a mapear o processo, para que todos os problemas sejam identificados e devidamente resolvidos.

Para além destes conceitos abordados, um novo conceito foi introduzido, designado por *Safety Stream Mapping* (SSM). Este baseia-se no VSM tradicional e no *Waste Identification Diagram* (WID), através do qual se consegue obter visualmente um diagnóstico das áreas que apresentam os maiores desperdícios e que são uma fonte de melhoria (Gonçalves et al., 2019).

É indispensável fazer a recolha de tempos para que o VSM seja construído e o próximo capítulo aborda este conceito.

## **2.4. Métodos e Tempos**

Para obter os tempos necessários para a construção do VSM, é imprescindível fazer um estudo dos métodos e tempos. Segundo Vaz e Saraiva (2020), ao se observar o dia após dia de uma determinada tarefa, consegue-se obter a perceção de como essa é efetuada e como é que o tempo é despendido a executá-la. As técnicas de métodos e tempos, vêm assim ajudar na análise dos processos de produção.

Existem muitas tarefas dentro de um processo e estas podem ter designações diferentes, tais como as apresentadas na Tabela 3.

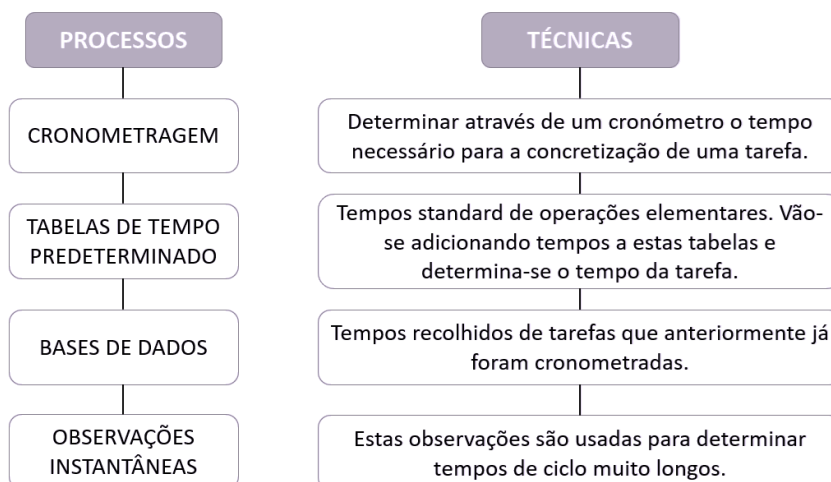
**Tabela 3** - Diferentes tipos de tarefas  
 [Fonte: Adaptado de Exertus (2003)]

Tipo de Tarefa	Descrição do Tipo de Tarefa
Tarefas Essenciais	Tarefas essenciais são estritamente necessárias para que o produto chegue ao cliente.
Tarefas Redundantes	As tarefas redundantes são a repetição de outra tarefa.
Tarefas em Paralelo	Tal como o nome indica são tarefas que se realizam ao mesmo tempo, podendo ou não estar relacionadas.
Tarefas Simultâneas	São idênticas às tarefas em paralelo, mas neste caso estão interligadas.
Tarefas Sem Valor Acrescentado	São tarefas que se devem de eliminar o quanto antes do processo.

Para cada tarefa, deve-se fazer uma pequena descrição, identificar quem é que está a realizar a tarefa, onde é que a mesma é executada, as ferramentas que são utilizadas, o tempo que se demora a efetuar a tarefa, as distâncias percorridas e ainda classificá-las de acordo com a nomenclatura anteriormente apresentada (Exertus, 2003).

O estudo de tempos passa pela escolha da tarefa a analisar e a recolha de toda a informação. De seguida, é necessário realizar a medição do tempo da tarefa escolhida e, como tal, é importante definir quais os meios que vamos utilizar (Exertus, 2003).

Existem múltiplos processos e técnicas para determinar o tempo que se demora a efetuar determinadas tarefas, tais como os apresentados na Figura 6 (Vaz & Saraiva, 2020).



**Figura 6** - Tipos de Processos e Técnicas de Medição de Tempos  
 [Fonte: Adaptado de Vaz e Saraiva (2020)]

Para a medição dos tempos é possível utilizar um cronómetro, o tipo de cronometragem que parece mais vantajosa para a medição dos tempos é a cronometragem com retorno a zero, pois não é necessário recorrer a cálculos intermédios para obter o tempo exato. É simplesmente realizar a observação, anotar os tempos, retornar a zero e continuar a cronometrar a próxima tarefa (Exertus, 2003).

Normalmente, é aconselhado dividir-se a tarefa em vários elementos mais curtos e cronometrar todos esses elementos de maneira que se obtenha uma análise mais detalhada. Deste modo, torna-se mais fácil descrever a tarefa bem como medir os tempos, para que exista uma maior precisão e ainda um registo claro de como é que a tarefa é executada (Vaz & Saraiva, 2020).

Para se obter um estudo de tempos realístico é preciso avaliar a precisão, definindo um número mínimo de medições que permitam ter confiança para afirmar que o tempo da tarefa  $Y$  é o real, ou seja, é necessário determinar o número de ciclos a cronometrar (Vaz & Saraiva, 2020).

Segundo Vaz e Saraiva (2020), ao longo da cronometragem deve-se anular as observações onde ocorram problemas uma vez que, não correspondem ao tempo normal da tarefa. Seguidamente, calcula-se o tempo médio das medições feitas e obtêm-se então o tempo médio da tarefa que se cronometrou.

## 2.5. Sumário

Atualmente, devido à crescente competição entre empresas, é cada vez mais difícil ser líder de mercado. Para combater esta questão, as empresas estão a apostar cada vez mais no conceito de *lean*.

*Lean* representa uma forma de pensar que leva a reduzir todo o desperdício existente, defendendo que todos os dias existem oportunidades de melhoria. Este conceito engloba cinco princípios: o *value*, *value stream*, *flow*, *pull* e *perfection*. O *lean* é extremamente vantajoso segundo Melton (2005), dado que promove a redução do desperdício no processo, do *lead time*, da necessidade de retrabalho, do inventário, além do aumento da compreensão do processo e uma melhor economia financeira.

Um dos maiores objetivos do *lean* é a redução do desperdício que pode estar presente de diversas formas: movimento, transporte, inventário, espera, defeitos, produção excessiva e ainda processos excessivos. O talento foi introduzido por Liker e Meier (2006) em Lacerda et al. (2016) como um novo tipo de desperdício.

Para que o *lean* funcione é necessário que todos os colaboradores da empresa compreendam a sua importância, tornando-se essencial o seu envolvimento. É estritamente necessário que exista uma mudança de mentalidade das pessoas envolvidas no processo, por isso existe o *lean leadership*. No *lean leadership* um dos seus maiores princípios traduz-se por *gemba*, que afirma que é necessário que os líderes conheçam o chão de fábrica onde atuam deslocando-se ao mesmo para que conheçam claramente o processo.

Existem diversas ferramentas que suportam o conceito *lean*, sendo que a mais utilizada para identificar desperdícios é o VSM. Neste é importante reconhecer as diferentes atividades que existem dentro do processo: NVA, NNVA ou VA.

No VSM também é indispensável identificar diversos dados, entre eles o *takt time*, tempo de ciclo, *lead time*, tempo de *changeover*, número de operadores em cada processo, tempo de atividade dos equipamentos, número de defeitos, inventário, e muitos outros que possam ser considerados relevantes. Entende-se que no VSM existem imensas informações que possibilitam uma análise clara do processo por forma a atuar no mesmo aplicando melhorias.

Assim, o *lean* e tudo o que este envolve, é visto como uma mais-valia para todas as empresas, conseguindo trazer uma vasta gama de vantagens no meio industrial e não só.

### 3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo serve para explicar qual foi a direção e os passos seguidos para se atingirem os objetivos de investigação propostos, tendo por base a *Research Onion de Saunders et al.* (2019).

#### 3.1. Plano de Investigação

O plano de investigação determina como é que se vai proceder para se obter a resposta aos objetivos de investigação, definindo a estratégia utilizada assim como os métodos, o horizonte temporal e ainda as etapas de investigação. Pretende-se responder à seguinte pergunta de investigação: “Como obter processos mais otimizados de forma a diminuir o tempo de ciclo e o desperdício?”.

##### Estratégia

Existem algumas estratégias para atingir os objetivos propostos e para dar resposta à pergunta de investigação, desde experimentação, etnografia, levantamento de dados, investigação documental, estudo de caso, investigação-ação, e ainda teoria fundamentada (Saunders et al., 2019).

Tendo em conta o âmbito do projeto, a estratégia mais adequada é o estudo de caso, uma vez que, nesta estratégia se desenvolve um estudo intensivo num cenário real utilizando diversas origens de informação. O “caso” pode ser uma pessoa, um grupo, uma equipa de trabalho, uma organização, um processo de mudança, entre outros, o importante é definir qual para definir os limites do estudo.

Neste projeto, o “caso” é processo de corte onde se pretende diminuir o desperdício e conseqüentemente o tempo de ciclo. Para desenvolver o estudo de caso é essencial entender a contexto atual em que o processo de corte se encontra, de maneira, a identificar as falhas do mesmo para atuar sobre as mesmas. Para isso, é necessário observar e recolher dados qualitativos e quantitativos.

### **Método**

Ao longo da investigação, é necessário compreender os conceitos quantitativo e qualitativo, pois estes distinguem as técnicas de recolha e análise de dados. Quanto ao conceito quantitativo este é utilizado quando os dados são numéricos, enquanto o conceito qualitativo se refere a dados não numéricos.

Neste projeto, utilizou-se o método misto, para que os dados fossem abrangentes, isto é, para se obter o máximo de informações para que o objetivo fosse atingido.

### **Horizonte Temporal**

O horizonte temporal pode ser transversal ou longitudinal. No caso do horizonte transversal, o estudo está restrito a um tempo previamente determinado, enquanto no caso do longitudinal, o estudo pode acontecer ao longo de anos, e é possível comparar dados antigos com dados mais recentes. Como o estudo em questão, está diretamente ligado com o estágio, e este apenas tem a duração de cinco meses, depreende-se que o horizonte temporal é transversal. No entanto, consegue-se ter acesso a dados antigos através da base de dados da empresa, o que permite ter uma visão mais ampla do contexto empresarial.

### **Etapas Investigação**

Na primeira etapa de um processo de investigação, é imprescindível definir com clareza seus objetivos e a pergunta de investigação, como já foram apresentados na Introdução.

Na etapa seguinte, segue-se a revisão da literatura com o propósito de sintetizar todos os conhecimentos científicos indispensáveis para a concretização do projeto.

Para se proceder à escrita da revisão da literatura foi necessário ler artigos, para isso, numa primeira fase pesquisou-se através das palavras-chave: “*lean*”, “*value stream mapping*”, “*lean thinking*”, “*lean leadership*”. Desta pesquisa inicial os seguintes artigos foram encontrados: Melton (2005), Dombrowski & Mielke (2013), Lacerda et al. (2016), Kilpatrick (2003), Ribeiro et al. (2019), Hines e Rich (1997), entre outros.

Além destes artigos, alguns livros foram investigados tais como “Learning to See Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda” de Rother e Shook (2003), “Value Stream Management for the Lean Office” de Tapping e Shuker (2003) e “Mapping the Total Value Stream” de Nash e Poling (2008).

Posteriormente, as palavras-chave para desenvolver a pesquisa alargaram-se para “lean tools” e “methods and times”, combinando estas com as referidas anteriormente. Desta pesquisa provém os artigos seguintes: Arunagiri e Gnanavelbabu (2014), Oliveira et al. (2017), Maalouf e Zaduminska (2019), Saurin et al. (2012), Rose et al. (2020), entre outros.

Para além destes, dois livros foram tidos em conta para o estudo de métodos e tempos, tais como: Exertus (2003) e Vaz e Saraiva (2020).

Definiu-se a metodologia de investigação através da *Research Onion* de Saundres et al. (2019). Posteriormente, efetuou-se a recolha e análise de dados onde se descreve o estudo de caso mostrando o problema bem como o estado atual da empresa.

Após esta recolha, alguns problemas foram identificados e surgiram melhorias para os resolver. Estas foram apresentadas e discutidas num *focus group* de maneira a entender se eram exequíveis ou não, e onde surgiram novas melhorias.

Após todas as potenciais melhorias serem definidas, foi construída uma matriz esforço/impacto durante o *focus group* preenchida pelas quatro pessoas que nele participaram, compreendendo quais as que deviam ser realizadas imediatamente, e o plano de ações para a realização das mesmas.

### **3.2. Recolha e Análise de Dados**

Os dados podem ser classificados como primários ou secundários. A recolha de dados primários está inteiramente interligada com observação participativa, mas também estruturada.

A participativa está mais relacionada com dados qualitativos, onde o investigador se tenta inserir no processo ao questionar os trabalhadores ao invés de apenas observar. No caso da estruturada tem que ver com dados quantitativos, e foca-se nas ações dos trabalhadores para perceber a frequência das mesmas.

No presente estudo, a recolha de dados partiu de dados primários, através da observação que permitiu ter um conhecimento profundo das tarefas que são necessárias no processo de corte, observando também os problemas causados pelas mesmas.

Ao longo do estágio, principalmente na fase inicial, a observação participativa foi um fator crucial para entender o processo assim como as entrevistas não estruturadas pois, ao conversar com os trabalhadores percebe-se quais são os seus maiores desafios a realizar o trabalho. Nestas consegue-se entender o que é que para os trabalhadores é mais difícil de fazer, permitindo assim encontrar alguns possíveis problemas de forma a melhorar as suas condições de trabalho.

Para a recolha de dados, recorreu-se à observação estruturada, dados esses relativos aos tempos que os trabalhadores precisam para efetuar as tarefas, de onde advém os dados quantitativos. Além da recolha de dados primários, também foram analisados dados secundários, presentes na base de dados da *Siemens Gamesa*, permitindo ter uma visão abrangente de todo o processo.

A análise de dados quantitativos, baseou-se na utilização da ferramenta *excel*, onde se analisou os dados recolhidos da base de dados interna como o SAP, bem como os dados quantitativos recolhidos através do estudo de tempos.

Além destes também se utilizaram dados presentes em ficheiros *excel* antigos, que permitiram ter uma noção dos tempos de corte da máquina em cada marcada e ainda o tempo que os trabalhadores demoram a evacuar a mesa.

Utilizou-se a ferramenta *excel* para analisar os dados recolhidos no SAP e nos ficheiros *excel*. Através desta análise percebeu-se a diferença de tempos antigos e os tempos atuais em relação à duração do corte nas máquinas *lectras*. Compreendeu-se quais as fibras utilizadas para cada marcada, o que conseqüentemente levou à ordenação das mesas, desde a mais utilizada até à menos, de forma a reorganizar o armazém de matéria-prima e posteriormente organizar a tenda.

Com o ficheiro *excel* conseguiu-se ainda entender quais as marcas mais e menos eficientes, pois, através deste ficheiro obtêm-se dados relativamente ao tempo que as máquinas estão efetivamente a cortar e ao tempo que os trabalhadores demoram para evacuar a mesa totalmente.



Por fim, efetuou-se um *focus group* de maneira a discutir potenciais melhorias a implementar e se são viáveis ou não, bem como o método a proceder para as aplicar. Este foi realizado presencialmente e contou com presença de quatro pessoas, os dois supervisores do corte, o coordenador e o investigador, que é o número mínimo de participantes segundo Saundres et al. (2019).

Não foi possível envolver mais pessoas pois estas encontravam-se muito atarefadas com o crescimento exponencial da empresa, no entanto, achou-se crucial realizar o *focus group* ainda que com poucas.

O *focus group* realizou-se com os objetivos de definir e priorizar as melhorias a implementar no processo de corte. No *focus group*, surgiram diversas ideias através da análise do VSM. Para entender quais as que seriam mais benéficas, procedeu-se ao preenchimento de uma matriz de esforço/impacto.

Assim, concluiu-se quais as melhorias a implementar imediatamente, aquelas que não são muito relevantes, outras que poderiam ser implementadas, mas não num futuro próximo e ainda as que deveriam de ser excluídas por não trazerem grandes vantagens para a empresa. Depois desta priorização, realizou-se um plano de ações, ainda durante o *focus group*.

Para uma melhor compreensão dos diferentes métodos utilizados tanto na recolha como análise de dados, um breve resumo está presente na Tabela 4.

**Tabela 4** - Métodos utilizados na recolha e análise de dados

Método	Tipo de Dados	Utilidade dos Dados
<b>Documentos</b>	Base de Dados SAP	Quantidade de matéria-prima no armazém; Quantidade de matéria-prima nas <i>lectras</i> ;
	Ficheiros <i>Excel</i>	Perceção dos tipos de fibra mais utilizados; Tempos que cada marcada demora a cortar; Marcadas com menor eficiência.
<b>Observação</b>	Dados quantitativos (tempos) e dados qualitativos	Conhecimento e compreensão do processo; Identificação de problemas e dificuldades; Duração das tarefas dos processos (medição de tempos).
<b>Entrevistas</b>	Não Estruturadas	Conhecimento do processo; Identificação de potenciais problemas;
	<i>Focus group</i> com os supervisores e coordenador da área de corte	Discussão de possíveis melhorias a aplicar para entender se são exequíveis ou não; Elaboração do plano de ações a implementar;



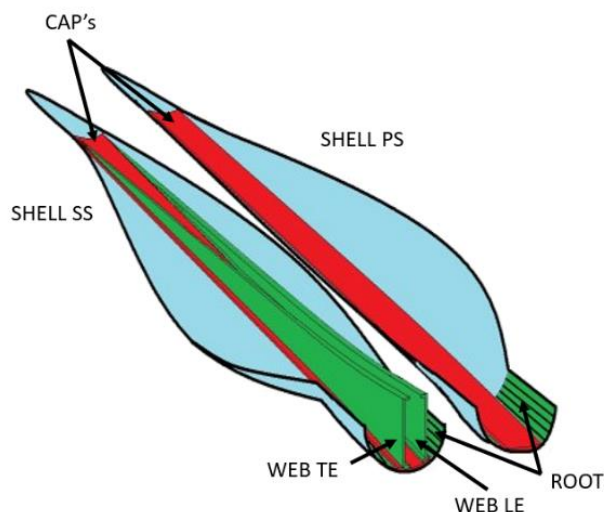
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Construção do VSM do Processo de Corte

Existem várias fases até que uma pá eólica seja completamente produzida, sendo o processo de corte a primeira fase. O processo de corte visa garantir o tamanho e forma das fibras de vidro solicitadas de acordo com o *lay-up* na área de moldes, de maneira a reduzir o desperdício de material bem como a aumentar a produtividade nos moldes.

Ao existir o processo de corte evita-se que nos se moldes tenha de cortar as fibras para as colocar nos respetivos locais. Com o processo de corte, cada peça cortada é alocada ao lugar onde vai ser necessária, evitando assim, movimentações desnecessárias por parte dos trabalhadores nos moldes.

Para isso são desenhadas marcadas, que são desenhos em CNC com as peças necessárias para cada zona da pá eólica: *Web TE*, *Web LE*, *Shell PS*, *Shell SS*, *Root*, como se pode entender através do Figura 7. No caso dos *caps*, como as peças necessárias para este componente não têm forma, não é preciso cortá-las.



**Figura 7** - Componentes da Pá Eólica

Ainda existe a fase de acabamentos, que diz respeito à última fase do processo de construção de uma pá eólica e onde também são necessárias fibras cortadas.

De forma a melhorar o desempenho do processo de corte para que a produção não sofra consequências com este, foi oportuno construir um VSM como forma de identificar os principais desperdícios e potenciais melhorias a implementar, pois segundo Kale e Parikh (2019) é uma das ferramentas mais poderosas para tal.

O projeto que se escolheu para a construção do VSM foi o SG145, pois assim como os autores Maalouf e Zaduminska (2019) referem é o projeto com maior volume de produção e por isso acaba por ser o mais estável e com maior fluxo, sendo que os outros projetos são muito idênticos, podendo esta análise ser transversal a eles.

Numa fase inicial, a observação do processo esteve bastante presente para compreender os diferentes conceitos do processo corte, bem como as dificuldades dos trabalhadores e, como tal, foi aplicado um *gemba walk*. Este passa por ir ao chão de fábrica habitualmente, para que a compreensão dos processos seja clara permitindo tomar decisões com conhecimento claro do processo, tal como afirma Dombrowski e Mielke (2013).

Além da observação, construiu-se um fluxograma para que o processo na área de corte ficasse claro e bem compreendido antes de se iniciar o VSM, apresentando todas as diversas tarefas que o constituem.

O fluxograma construído permite ter uma visão do processo inteiro como se pode ver através da Figura 8.

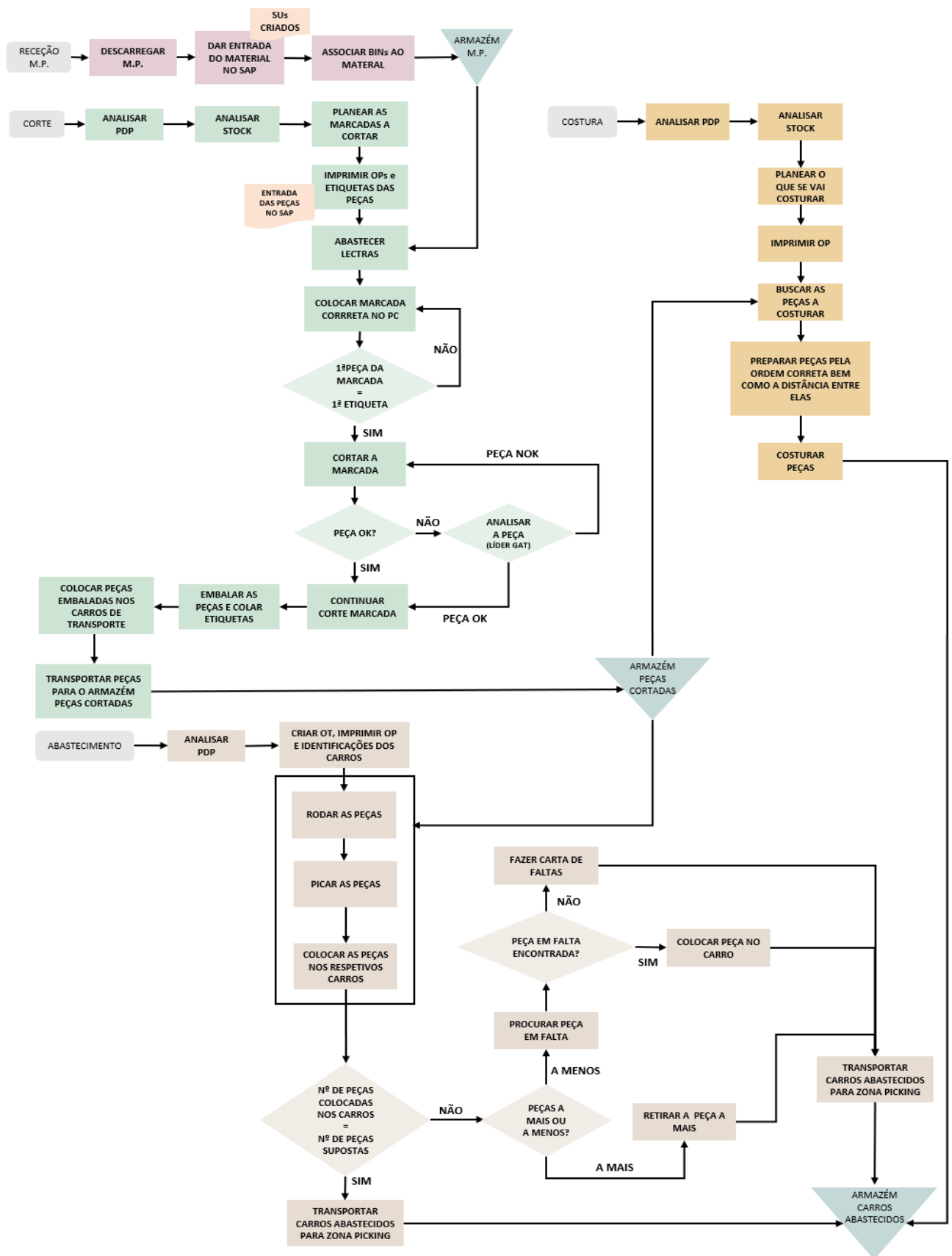


Figura 8 - Fluxograma do Processo de Corte

Como se consegue entender através do fluxograma desenhado, inicialmente, existe a receção da matéria-prima, que é necessário ser descarregada. Posteriormente, essa matéria-prima tem que entrar no sistema SAP. Ao dar a entrada dessa no SAP, automaticamente são lhes associados *Storage Units* (SU) que vão ser alocados a um local que tem um *bin*. Esse *bin*, ajuda a encontrar a matéria-prima facilmente quando esta for precisa.

Nesta primeira fase do processo estamos perante o armazém da matéria-prima, este armazena diferentes tipos de fibra para marcas distintas. Cada marca é um desenho diferente em CNC com as diferentes peças que compõem os componentes da pá eólica, como se pode verificar pelo ANEXO A.

No caso do SG145 são necessários seis tipos de fibras diferentes, como: BX45°, TX0°, TX90°, UD90°, UD0° e UD 600.

Para se efetuar o corte das fibras, primeiramente é necessário analisar o planeamento de produção (PDP) que é feito uma vez por turno, assim como a análise do *stock* de matéria-prima, pois, se não existir uma determinada fibra não é possível cortar certas marcas. Além desta análise também é importante conferir o *stock* de peças no armazém de peças cortadas, de forma a compreender o que é urgente cortar.

Posteriormente, definem-se as marcas a cortar (uma vez por turno). Imprime-se a ordem de produção (OP) bem como as etiquetas das diferentes peças que advém da marca a cortar. Essas dão informação sobre o componente da pá eólica cortado, assim como o local da peça no armazém das peças cortadas, como se pode verificar pela Figura 9.



**Figura 9 - Etiqueta**

Para que seja possível efetuar o corte das marcas é fundamental abastecer as máquinas *lectras* (Figura 10), com a fibra correspondente à marca a cortar. Cada marca tem uma fibra específica associada, como se pode compreender pelo ANEXO B, onde estão apenas representadas 10 marcas das 37 necessárias para cortar todos os componentes da pá eólica do SG145.



**Figura 10** - Lectra - Máquina de Corte de Fibras

Normalmente, abastecem-se as máquinas *lectras* com seis rolos de maneira a cortarem peças a seis camadas. Paralelamente a isto, deve-se colocar a marcada correta no computador associado à máquina *lectra*.

Antes de se iniciar o corte deve-se verificar se a primeira peça da marcada no computador corresponde à primeira etiqueta impressa. Se sim, inicia-se o corte e verifica-se se a primeira peça cortada está em bom estado ou não. Se estiver em bom estado prossegue-se com a marcada até esta ser finalizada.

Os trabalhadores enrolam as peças normalmente em tubos pretos e embalam com papel, onde colam a etiqueta correspondente à peça embalada, como se pode verificar na Figura 11.



**Figura 11** - Enrolamento de fibra (esquerda) e embalagem das peças (direita)

Perto das mesas, existem carros de transporte onde se colocam as peças já embaladas. Quando os carros ficam sobrecarregados, alguns trabalhadores transportam as peças para o armazém das peças cortadas. Este armazém funciona como supermercado, utilizando o método FIFO com *racks* inclinadas, tal como os autores Tapping e Shuker (2003) aconselham quando não é possível recorrer ao sistema *pull*.

Os restantes trabalhadores continuam a embalar as peças. Quando os trabalhadores abastecem as peças no armazém de peças cortadas regressam à mesa com os carros vazios para se voltarem a colocar as peças embaladas. Enquanto os carros não ficam cheios, os trabalhadores que transportam as peças para o armazém das peças cortadas, dão suporte aos outros que se encontram a embalar as restantes peças.

A costura é outra tarefa necessária no processo do corte, que consiste em coser peças específicas, anteriormente já cortadas pelas *lectras* e que estão no armazém das peças cortadas. A OP é emitida e imprimida, de modo a permitir a picagem por parte da produção, tendo em conta a análise do PDP e o *stock* real das peças cortadas.

Seguidamente, é imprescindível colocar as diferentes peças a costurar à distância e ordem pré-definida, como se pode observar pelo ANEXO C. Após esta fase de preparação, inicia-se o processo numa máquina de costura. Finalizada esta tarefa transporta-se o carro com as duas peças já prontas (TEBC, LEBC) para a zona de *picking*, para que os moldes as tenham disponíveis quando necessitarem.

Na zona de abastecimento, onde se encontra o armazém de peças cortadas, é feita também uma análise do PDP, cria-se uma ordem de transporte (OT) e imprime-se a OP bem como as identificações dos diversos carros a abastecer.

De seguida, no armazém de peças cortadas, devem rodar os rolos para que as etiquetas das diferentes peças fiquem de frente para o trabalhador, facilitando a próxima tarefa do processo que reside em picar as peças de maneira a dar débito das mesmas no SAP.

Posteriormente, devem colocar-se as diferentes peças nos distintos carros, carros esses que são numerados para que sejam colocados no local correto na área dos moldes e que têm pré-definidas x peças específicas, como se pode entender nos dois exemplos do ANEXO D.



---

Coloca-se então a identificação dos diferentes carros na dianteira dos mesmos, e começa-se a abastecer com as peças já picadas anteriormente. Antes de se transportar os carros para a zona de *picking*, efetua-se uma contagem dos tubos que estão nos carros, verificando se corresponde ao número de peças pré-definidas. Se for o caso, avança-se, se não, ou existem peças em excesso ou em falta.

No caso de ter peças em excesso é necessário retirar a peça extra e colocá-la no seu respetivo carro ou na *rack* correspondente, caso os restantes carros estejam corretos. Se houver peças a menos, significa que ocorreu o erro humano e o trabalhador avançou uma peça ou essa peça está em falta no armazém de peças cortadas.

Quando assim é, verifica-se no *overstock* se existe a peça em falta e, caso não exista, é necessário fazer uma carta de faltas para que nos moldes saibam o que está a faltar e assim que essa peça seja cortada, entrega-se nos moldes para estes prosseguirem o seu processo. Por fim, são então colocados os carros já abastecidos com as peças cortadas na zona de *picking*.

Com a construção do fluxograma conseguiu-se obter uma visão mais clara do processo de corte em estudo. Após a compreensão deste iniciou-se a recolha de tempos para a construção do VSM.

O dado mais importante a ser definido antes de se iniciar a construção do VSM é o *takt time* segundo Nash e Poling (2008), pelo que, foi este o ponto de partida.

Sabe-se que o tempo disponível é de 450 minutos por turno, já excluindo as paragens para almoço e lanche, no entanto, existem três turnos e por isso o tempo disponível por dia passa a ser 1350 minutos (450x3). Multiplicou-se ainda o tempo disponível pelos cinco dias de trabalho da semana, pelo que se obteve 6750 minutos.

Em relação à procura do cliente, esta é de oito pás semanais, assim sendo, o cálculo do *takt time* é:

$$\textit{takt time} = \frac{\textit{tempo disponível}}{\textit{procura do cliente}} = \frac{6750 \textit{ minutos}}{8 \textit{ pás}} = 843,75\textit{min} = 14,1\textit{horas}$$

Para se obter um processo eficiente, a cada 14,1 horas deveriam estar a sair da área de corte todos os componentes necessários para a construção da pá eólica. Se o tempo de ciclo de alguma tarefa for superior ao *takt time* é sinal que se deve melhorá-la, uma vez que, está a impedir que se satisfaça a procura do cliente, seguindo as palavras de Nash e Poling (2008).

Para a recolha dos tempos utilizou-se então o cronómetro do telemóvel e efetuou-se cinco amostras para cada tarefa do processo. Apenas se recolheram cinco amostras devido aos elevados tempos de ciclo. Nesta situação, o normal costuma ser executar medições instantâneas, como Vaz e Saraiva (2020) referem. No entanto, para se obter um valor mais preciso do tempo de ciclo das tarefas, definiu-se como cinco o número mínimo de amostras, sendo que os tempos onde se detetava alguma inconformidade, não foram contabilizados, tal como aconselhado por Vaz e Saraiva (2020).

Através desta recolha de dados, conseguiu-se obter o tempo de ciclo de cada tarefa, que é um dos dados principais do VSM.

Os dados recolhidos relativamente ao armazém das peças cortadas estão então apresentados na Tabela 5, sendo que foram os primeiros dados a serem recolhidos, pois segundo Nash e Poling (2008), deve-se começar o mapeamento do fluxo de valor do fim do processo para o início.

Vaz e Saraiva (2020) afirmam que para a recolha de tempos é benéfico dividir uma tarefa em sub-tarefas mais simples e pequenas, pelo que se tentou fazê-lo.

Através desta análise, conseguiu-se obter os tempos de ciclo para cada uma das tarefas do processo de corte, no que diz respeito ao armazém de peças cortadas. Sendo que algumas das sub-tarefas dentro da mesma tarefa, ocorrem geralmente em paralelo, como se pode entender através da Tabela 6.

O tempo de ciclo que se obtém da preparação da OP é de 6 minutos. Já no caso da tarefa “rodar” os tubos, obtém-se um tempo de ciclo de 31 minutos. Na picagem um tempo de ciclo de 105 minutos e, por fim, na tarefa que diz respeito ao abastecimento dos carros o tempo de ciclo é 139 minutos.

Tabela 5 - Tempos recolhidos dos diferentes processos na área de corte (preparações)

legenda:

TARDE  
MANHÃ

	PREPARAÇÃO OP	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA
1	abertura da ordem	00:00:20	00:00:26	00:00:34	00:00:18	00:00:24	0,33	0,43	0,57	0,30	0,40	0,57	0,30	0,09	0,41
2	impressão e recolha das identificações	00:04:12	00:05:07	00:04:08	00:06:10	00:04:38	4,20	5,12	4,13	6,17	4,63	6,17	4,13	0,75	4,85
3	picagem da ordem	00:00:12	00:00:38	00:00:25	00:00:27	00:00:24	0,20	0,63	0,42	0,45	0,40	0,63	0,20	0,14	0,42

### SHELL

	"RODAR" OS TUBOS	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	rodar os "tubos"	SS	00:19:45	00:20:34	00:22:25	00:19:31	00:24:28	19,75	20,57	22,42	19,52	24,47	24,47	19,52	1,86	21,34
		PS	00:27:22	00:24:56	00:26:11	00:35:29	00:34:58	27,37	24,93	26,18	35,48	34,97	35,48	24,93	4,51	29,79
1	ir buscar a pistola	00:01:35	00:01:30	00:01:22	00:01:37	00:01:28	1,58	1,50	1,37	1,62	1,47	1,62	1,37	0,09	1,51	

	PICAGEM	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	picar as peças	SS	00:34:02	00:36:12	00:35:59	00:43:57	00:47:16	34,03	36,20	35,98	43,95	47,27	47,27	34,03	5,16	39,49
		PS	00:38:22	00:39:30	00:44:09	00:46:34	00:43:58	38,37	39,50	44,15	46,57	43,97	46,57	38,37	3,08	42,51

	PICAGEM	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	picar as peças	SS	00:34:02	00:36:12	00:35:59	00:43:57	00:47:16	34,03	36,20	35,98	43,95	47,27	47,27	34,03	5,16	39,49
		PS	00:38:22	00:39:30	00:44:09	00:46:34	00:43:58	38,37	39,50	44,15	46,57	43,97	46,57	38,37	3,08	42,51

	ABASTECER CARROS	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	colocar as peças nos carros e levá-los p/ zona picking	SS	01:16:14	01:58:04	01:43:08	01:24:07	01:34:52	76,23	118,07	103,13	84,12	94,87	118,07	76,23	14,62	95,28
		PS	00:50:04	00:55:02	01:17:26	01:09:42	01:03:44	50,07	55,03	77,43	69,70	63,73	77,43	50,07	9,84	63,19

### ROOT

	PICAGEM	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	picar as peças	ROOT	00:30:58	00:34:53	00:28:45	00:37:33	00:24:48	30,97	34,88	28,75	37,55	24,80	37,55	24,80	4,49	31,39

	ABASTECER CARROS	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	colocar as peças nos carros e levá-los p/ zona picking	ROOT	00:15:51	00:39:21	00:26:04	00:19:36	00:32:13	15,85	39,35	26,07	19,60	32,22	39,35	15,85	8,47	26,62

### WEBS

	PICAGEM	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	picar as peças	WEB TE	00:37:23	00:32:37	00:29:17	00:25:19	00:33:41	37,38	32,62	29,28	25,32	33,68	37,38	25,32	4,09	31,66
		WEB LE	00:21:32	00:19:57	00:23:02	00:23:29	00:28:54	21,53	19,95	23,03	23,48	28,90	28,90	19,95	3,03	23,38

	ABASTECER CARROS	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	colocar as peças nos carros e levá-los p/ zona picking	WEB TE	01:02:41	00:48:01	00:40:16	00:56:30	00:58:06	2,68	48,02	40,27	56,50	58,10	58,10	2,68	20,25	41,11
		WEB LE	00:40:54	00:37:19	00:41:29	00:39:32	00:47:15	40,90	37,32	41,48	39,53	47,25	47,25	37,32	3,30	41,30

### ACABAMENTOS

	PICAGEM	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	picar as peças	ACABAMENTOS	00:25:06	00:27:04	00:28:44	00:32:07	00:24:57	25,10	27,07	28,73	32,12	24,95	32,12	24,95	2,65	27,59

	ABASTECER CARROS	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA	
1	colocar as peças nos carros e levá-los p/ zona picking	ACABAMENTOS	00:14:34	00:17:35	00:19:23	00:15:44	00:17:56	14,57	17,58	19,38	15,73	17,93	19,38	14,57	1,70	17,04

**Tabela 6 - Análise dos tempos recolhidos (preparações)**

**legenda:**

Cores iguais representam tarefas que ocorrem em paralelo.

TAREFA		tempo ciclo por tarefa (minutos)	maior tempo ciclo das tarefas que ocorrem em paralelo (minutos)	tempo ciclo total por tarefa (minutos)
PREPARAÇÃO OP	SHELL SS	5,68	5,68	<b>6</b>
	SHELL PS	5,68		
	WEB TE	5,68		
	WEB LE	5,68		
	ROOT	5,68		
	ACABAMENTOS	5,68		
"RODAR" OS TUBOS	SHELL SS	22,85	31,29	<b>31</b>
	SHELL PS	31,29		
PICAGEM	SHELL SS	39,49	42,51	<b>106</b>
	SHELL PS	42,51		
	WEB TE	31,66	31,66	
	WEB LE	23,38		
	ROOT	31,39	31,39	
	ACABAMENTOS	27,59		
ABASTECER CARROS	SHELL SS	95,28	95,28	<b>139</b>
	SHELL PS	63,19		
	WEB TE	41,11	43,66	
	WEB LE	41,30		
	ROOT + ACABAMENTOS	43,66		

Além desta recolha de tempos, também se fez uma análise dos tempos de corte das *lectras* assim como o tempo que os trabalhadores demoram a evacuar a mesa. Esses dados foram obtidos através de uma análise de ficheiros *excel* desde dezembro de 2020 até março de 2021.

Os operadores têm de preencher esses ficheiros a cada marcada que fazem, com a hora de início da marcada e a hora de fim, sendo que a máquina informa o tempo que esteve a cortar efetivamente sem paragens. Deste modo, obtém-se o tempo útil (tempo de corte) e o tempo total que necessitam para evacuar a mesa, deixando-a sem nenhuma peça de maneira a iniciar outra marcada.

A partir destes dados, obteve-se o tempo de corte médio de cada componente da pá eólica, o tempo previsto que costumam demorar para evacuar a mesa e ainda a eficiência, como se pode observar na Tabela 7.

**Tabela 7** - Tempos analisados através dos ficheiros *excel* (tarefa corte nas *lectras*)

2 máquinas <i>lectras</i>			
	TEMPO PREVISTO (minutos)	TEMPO CORTE (minutos)	
<b>ROOTS</b>	195	65	<b>33,17%</b>
<b>WEBS</b>	322	156	<b>48,34%</b>
<b>SHELL</b>	1003	429	<b>42,81%</b>
<b>ACAB</b>	74	32	<b>42,67%</b>
<b>TOTAL</b>	1595	682	
	<b>26,58 horas aprox.</b>	<b>11,37 horas aprox.</b>	

Através desta análise, sabe-se que para cumprirem a procura do cliente têm de entregar todos os componentes de uma pá eólica (*Roots, Webs, Shell, Acabamentos*), ou seja, o tempo total do processo de corte nas *lectras* é de 1595 minutos, sendo que apenas 682 minutos são tempo que acrescenta valor para o cliente. Isto significa que a eficiência desta tarefa do processo é inferior a 45%.

Também se recolheram tempos em relação à costura, como se pode verificar na Tabela 8, pelo que o tempo de ciclo obtido corresponde a 127 minutos.

**Tabela 8** - Tempos recolhidos na área de corte (tarefa costura)

		TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos			
<b>COSTURA</b>		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA
	1 ir buscar as peças	00:08:12	00:13:47	00:14:36	00:17:47	00:11:23	8,20	13,78	14,60	17,78	11,38	17,78	8,20	3,21	13,15
TEBC	1 preparação	00:24:41	00:33:40	00:19:47	00:17:40	00:19:50	24,68	33,67	19,78	17,67	19,83	33,67	17,67	5,75	23,13
	2 costurar	00:59:51	01:07:45	00:47:38	00:47:41	00:49:48	59,85	7,75	47,63	47,68	49,80	59,85	7,75	17,97	42,54
LEBC	1 preparação	00:14:05	00:10:45	00:09:29	00:14:20	00:13:14	14,08	10,75	9,48	14,33	13,23	14,33	9,48	1,92	12,38
	2 costurar	00:43:43	00:53:07	01:09:28	01:14:44	00:58:07	43,72	53,12	9,47	14,73	58,12	58,12	9,47	19,99	35,83
														<b>TOTAL</b>	<b>127</b>

No que diz respeito à primeira tarefa do processo de corte correspondente ao abastecimento das *lectras* com seis rolos de fibras, os tempos recolhidos estão representados na Tabela 9, obtendo-se um tempo de ciclo de 58 minutos, pois os tempos retirados diziam apenas respeito a uma máquina, como existem duas tem que se multiplicar por dois.

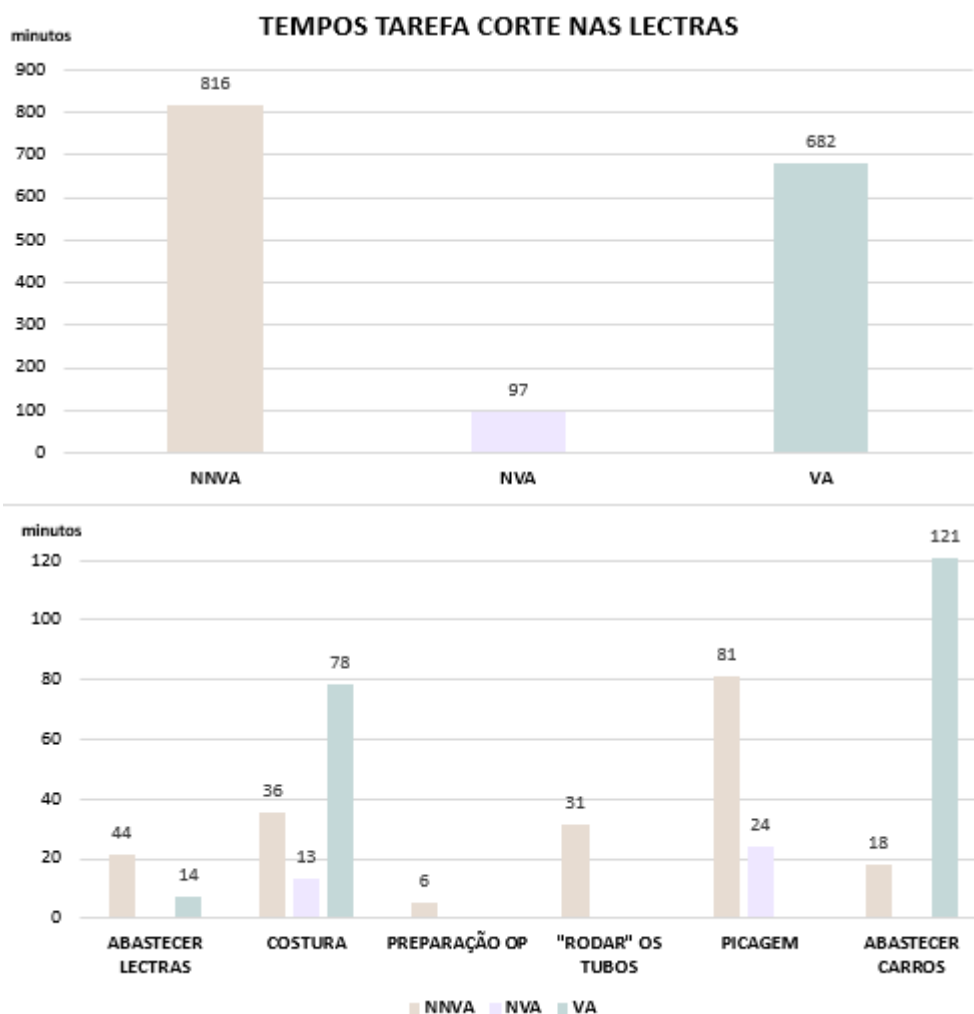
**Tabela 9** - Tabela com os tempos recolhidos na área de corte (tarefa abastecimento das *lectras*)

legenda:

TARDE ■  
 MANHÃ ■

	ABASTECER LECTRAS	TEMPOS (mínimo 5 amostras)					TEMPOS em minutos (mínimo 5 amostras)					minutos			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MÁX	MIN	DVP	MÉDIA
1	retirar sobras	00:09:09	00:06:25	00:06:57	00:07:39	00:05:39	9,15	6,42	6,95	7,65	5,65	9,15	5,65	1,19	7,16
2	abastecer 6 rolos	00:24:46	00:21:29	00:12:21	00:27:07	00:22:38	24,77	21,48	12,35	27,12	22,63	27,12	12,35	5,04	21,67
														TOTAL	29

À medida que os tempos iam sendo recolhidos, conseguia-se começar a identificar quais as atividades VA, NNVA e NVA, representadas na Figura 12.



**Figura 12** - Divisão dos diferentes processos relativamente a NNVA, NVA e VA

Dentro das diversas tarefas, existem momentos que acrescentam valor para o cliente, como momentos que não acrescentam qualquer tipo de valor para o mesmo.

Relativamente ao processo de corte das marcadas nas *lectras* verifica-se que o tempo que a máquina está efetivamente a cortar é que acrescenta valor para o cliente, uma vez que é para isso que ele está disposto a pagar.

Além dos 682 minutos que representam valor para o cliente, existem 816 minutos que são necessários, mas que não acrescentam valor para o cliente. Neste tempo, os trabalhadores estão a embalar peças, a colocar as respetivas etiquetas e a transportar as mesmas, para o armazém das peças cortadas, que para o cliente não é relevante.

No entanto, é necessário para que se coloque as peças nos locais associados de forma que a tarefa das preparações seja mais simples.

Existem ainda 97 minutos, que simbolizam atividades sem valor para o cliente e que são completamente desnecessárias. Estas atividades são geralmente associadas ao desperdício de tempos de espera. Normalmente, as *lectras* têm de parar porque os trabalhadores não conseguiram evacuar a mesa a tempo e isto acontece devido à falta de carros para colocar as peças já embaladas, que vão ser transportadas para o armazém de peças cortadas, pois os que existem já estão cheios e é necessário que transportem as peças e que os tragam novamente vazios.

Outro problema verificado é que quando se enrolam as peças no sentido contrário, ou seja, em vez de enrolarem as peças do fim da mesa para o início, enrolam-nas no sentido oposto, o que faz com que seja mais difícil evacuar as peças a tempo, para que não seja necessário parar a máquina.

Quanto aos restantes processos na área de corte, também se verificou que existem etapas onde ocorrem atividades VA, VNA e NNVA.

No caso de abastecer as *lectras* existem atividades NNVA, que dizem respeito ao tempo que os trabalhadores necessitam para retirar as sobras das marcadas anteriores dos carros de abastecimento das *lectras* para conseguirem colocar rolos inteiros, de maneira a se iniciar uma nova marcada. Para esta última fase estamos perante uma atividade VA.

Relativamente ao processo da costura, existem os três tipos de atividades, sendo que a atividade VA corresponde à costura propriamente dita que despende de 78 minutos. No caso da atividade NNVA (36minutos) esta tem que ver com a fase onde os trabalhadores

preparam as diversas peças a costurar à distância correta. Já na atividade NVA, existe o desperdício de movimento pois é a tarefa do processo onde os trabalhadores têm de se deslocar para irem buscar as peças já cortadas nas *lectras* que se encontram no armazém de peças cortadas. Isto podia ser evitado ao colocarem as peças, mais próximas da área de costura, reduzindo o tempo do processo em 13 minutos.

Na picagem existem dois tipos de atividades: NVA e NNVA. No caso da atividade de NVA, esta tem um tempo de 24 minutos. Nesta atividade, cerca de 1,5 minutos acontecem devido à deslocação que os trabalhadores têm de fazer para irem buscar a pistola de forma a darem baixa do material no sistema, que está associado ao desperdício de movimento.

O restante tempo desta atividade NVA tem haver com o desperdício relativamente a tempos de espera, pois devido à cor das etiquetas, a pistola não consegue ler facilmente o QR code das peças, e os trabalhadores têm de esperar até que o sistema assuma ou têm de colocar manualmente o SU da peça.

Por último, a tarefa que também se divide em atividades VA e NNVA é o abastecimento de carros com as peças cortadas. No que diz respeito à atividade NNVA (18 minutos) prende-se novamente com deslocações que os trabalhadores têm de fazer para colocar os carros já abastecidos na zona de *picking*.

Para a construção do VSM teve-se ainda em conta o inventário, para que o cálculo do *lead time* fosse mais facilitado. Assim, subsistem três situações onde existe inventário no processo de corte: no armazém das peças cortadas, nas máquinas *lectras* e ainda no armazém da matéria-prima.

Para se obter o valor do inventário no armazém das peças cortadas efetuou-se uma contagem das peças, pelo que se verificou que existiam quatro peças de cada componente em *stock*, o que significa que tinham quatro pás eólicas em *stock*.

Foi fundamental compreender a quantidade de quilogramas das diferentes fibras que os diferentes componentes de uma pá eólica necessitam para se efetuar o corte das marcas, pelo que se obteve os seguintes valores apresentados na Tabela 10.



**Tabela 10** - Quantidade de fibra necessária para o projeto SG145

Quilogramas de fibra necessárias para 1 pá SG145			
Fibra	Nº marcadas	KG	% necessária
BX 45	15	3505	38%
TX 0º	3	829	9%
TX90º	7	1261	14%
UD90º	5	847	9%
UD 0º	5	1745	19%
UD_600	2	1043	11%
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>9230</b>	

De forma a converter os quilogramas dentro do armazém da matéria-prima em pás eólicas, utilizou-se o SAP, para se obter os quilogramas dos diferentes tipos de fibra. De seguida, converteu-se esses quilogramas para o número de pás eólicas.

Posteriormente, no caso das máquinas *lectras*, acedeu-se novamente ao SAP e verificou-se que na máquina apenas estavam x quilogramas das diferentes fibras que tiveram de ser convertidas para pás eólicas, como se pode observar na Tabela 11.

**Tabela 11** - Conversão quilogramas de fibra disponíveis em número de pás

Quilogramas de fibra armazém M.P.			Quilogramas de fibra máquinas <i>lectras</i>		
FIBRA	KG	Nº PÁS	FIBRA	KG	Nº PÁS
BX 45	283691	81	BX 45	8820,4	2,52
TX 0º	73135	88	TX 0º	3696	4,46
TX90º	66436	53	TX90º	6999	5,55
UD90º	70395	83	UD90º	6463	7,63
UD 0º	54359	31	UD 0º	-	-
UD_600	47939	46	UD_600	1785	1,71

Chegou-se à conclusão, que o máximo de pás eólicas que se conseguiam produzir através da matéria-prima disponível seriam 31, pois, basta uma fibra falhar para que não seja possível cumprir com a procura do cliente. Contudo, este valor acaba por ser um pouco subjetivo, pois tudo o que está no armazém de matéria-prima diz respeito aos três projetos, sendo esta uma das desvantagens do VSM, tal como afirma Khaswala e Irani (2001).

Então, tendo em conta a quantidade de fibra nas máquinas não seria possível produzir uma pá eólica completa devido à falta de UD 0º, por isso e sabendo que para a construção da pá eólica a fibra UD 0º apenas representa 19%, pode-se afirmar que se tem quantidade suficiente nas máquinas para produzir cerca de 0,81 pás.

Daqui entende-se que existe inventário entre processos, o que deve de ser reduzido ao máximo, pois simboliza outro desperdício que normalmente as empresas têm.

Após a recolha de dados, o VSM do processo de corte com os valores todos referentes a cada tarefa do processo, está representado na Figura 13.

Com o VSM construído consegue-se identificar o *bottleneck* do processo, sendo este a tarefa correspondente ao corte nas *lectras*, com um tempo de ciclo de 266 minutos por pá, correspondente a 4,4 horas por pá.

Um dado relativamente ao processo que se consegue obter com a ajuda do VSM é o *process lead time*. No caso do processo de corte este valor é cerca de 519 horas.

O VSM também nos dá informação relativamente ao tempo de ciclo total do processo, sendo este de 605 minutos o equivale a 10,1 horas.

Conseguimos perceber que o processo de corte está pronto para responder à procura do cliente, uma vez que o *takt time* é de 14,1 horas. Ainda assim, esta procura vai aumentar, pelo que se deve de implementar melhorias para reduzir ao máximo o tempo de ciclo.

Assim, através do VSM conseguiu-se encontrar algumas potenciais melhorias, representadas pelo símbolo idêntico ao de uma nuvem. Essas melhorias foram discutidas no capítulo seguinte.

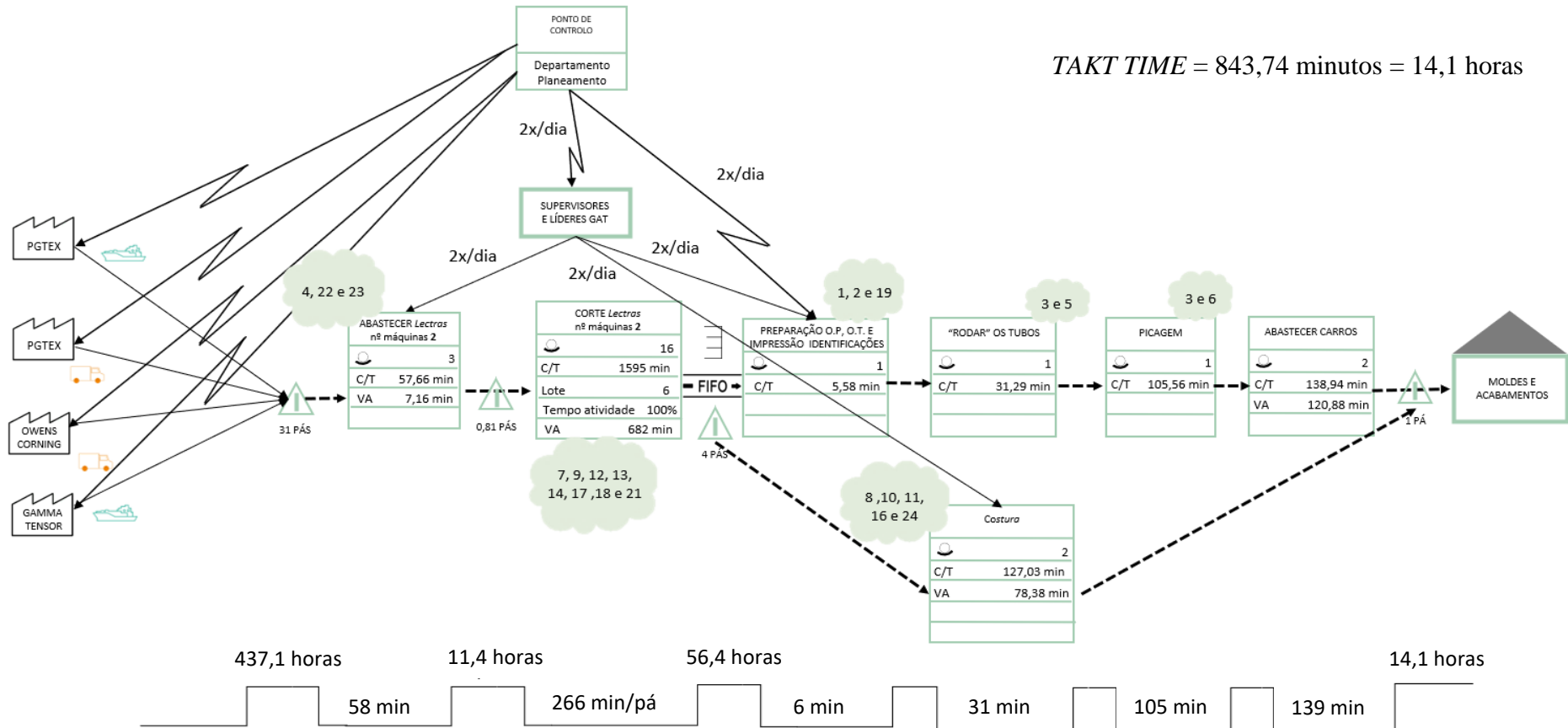


Figura 13 - VSM Processo de Corte

## 4.2. Definição e Priorização de Melhorias ao Processo de Corte

Para encontrar as melhorias mais viáveis realizou-se um *focus group* com a presença de quatro pessoas: o investigador, os dois supervisores da área de corte e ainda o coordenador da mesma.

Para se proceder à implementação de melhorias ao processo de corte, foi necessário primeiramente defini-las e priorizá-las para se compreender por onde começar. Com a ajuda do VSM e *focus group*, foram identificadas melhorias. Algumas já haviam sido identificadas pelo investigador à medida que ia construindo o VSM e outras novas foram identificadas no *focus group*. As possíveis melhorias estão listadas na Tabela 12, cada melhoria tem um ID associado e é referente a uma determinada tarefa do processo de corte.

**Tabela 12** - Compilação das Sugestões de Melhoria a Implementar

ID	Sugestões de Melhorias a Implementar	Tarefa
M1	Imprimir muitas identificações	Preparação OP, OT e impressões (4.3.3)
M2	Comprar uma impressora para colocar na mesa das preparações	Preparação OP, OT e impressões (4.3.3)
M3	Adquirir um suporte para a pistola	"Rodar" os tubos (4.3.4)
M4	Comprar grampos para prender os rolos	Abastecer as <i>Lectras</i> (4.3.1)
M5	Trocar os tubos de plástico por tubos de cartão	"Rodar" os tubos (4.3.4)
M6	Alterar a da cor das etiquetas	Picagem (4.3.5)
M7	Colocar uma rede para prender plástico vermelho	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M8	Criar kit e operação para a costura	Costura (4.3.6)
M9	Utilizar fita cola para enrolar peças mais pequenas em vez de tubos de cartão	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M10	Trocar cor da linha de costura	Costura (4.3.6)
M11	Adquirir uma mesa maior para a tarefa da costura	Costura (4.3.6)
M12	Cortar peças compridas a direito na <i>oteman</i> e <i>wondermatric</i>	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M13	Utilizar um tubo para enrolar plástico vermelho	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M14	Alterar <i>layout</i> carros	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M15	5S mesa dos supervisores e coordenador	Outros (4.3.7)
M16	Fazer desenho para simplificar preparação da costura do projeto 145	Costura (4.3.6)
M17	Adquirir 2 carros de abastecimento	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M18	Testar os marcadores de maior duração	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M19	5S mesa das preparações	Preparação OP, OT e impressões (4.3.3)
M20	5S carro azul	Outros (4.3.7)
M21	Alterar sentido de enrolamento das peças	Corte nas <i>Lectras</i> (4.3.2)
M22	Criar uma ajuda visual (para colocarem as fibras de forma correta)	Abastecer as <i>Lectras</i> (4.3.1)
M23	Reorganizar o armazém matéria-prima, organizar e adquirir uma tenda	Abastecer as <i>Lectras</i> (4.3.1)
M24	Criar <i>kanban</i> costura	Costura (4.3.6)

Destas melhorias, apenas uma foi imediatamente eliminada, por não ser exequível: a M9. Esta melhoria pretendia reduzir o tempo que os trabalhadores no corte despendem a colocar tubos de cartão nos tubos pretos (Figura 14) e a retirar esses mesmos tubos quando precisam de tubos pretos. Estas tarefas fazem os trabalhadores perderem muito tempo desnecessariamente.



Figura 14 - Tubo de Cartão em Tubo preto

No entanto, nos acabamentos, que é uma das grandes áreas da empresa para efetuar o processo de construção da pá eólica, estes necessitam que essas peças se coloquem em tubos de cartão, pelo que não se procedeu à alteração.

Após a compilação das melhorias possíveis a implementar foi construída uma matriz de esforço/impacto através da opinião de cada um dos participantes de forma a priorizá-las (APÊNDICE A). A conclusão obtida desta matriz de esforço/impacto, está representada na Figura 15.

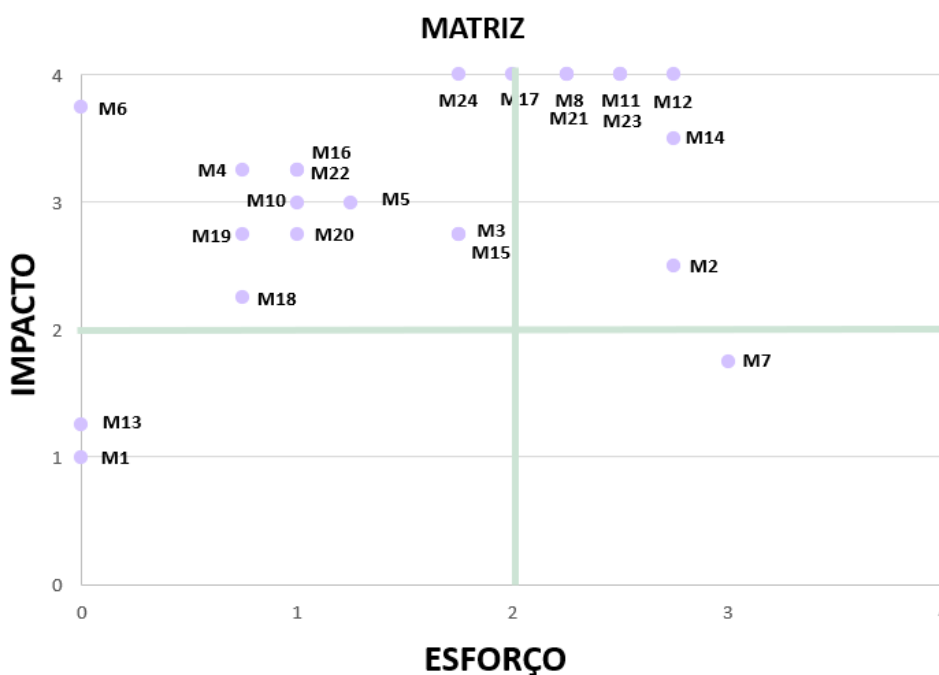


Figura 15 - Matriz Esforço/Impacto das possíveis melhorias a implementar

Desta matriz de esforço/impacto consegue-se então entender quais as melhorias que teriam um maior impacto na empresa, assim como, as que não necessitam de tanto tempo e trabalho despendido.

Relativamente às melhorias que se encontram no primeiro quadrante, estas têm um elevado impacto e um esforço baixo, por isso devem-se executar imediatamente.

No caso do segundo quadrante, este diz respeito a melhorias mais complexas, pois o impacto é elevado, mas o esforço já é alto, por isso, necessitam de mais tempo para serem postas em prática.

No terceiro quadrante, estamos perante melhorias que acarretam baixo esforço e cujo impacto é baixo, no entanto, não se devem descartar estas melhorias, pois estamos perante algo, que não acarreta grande esforço para a empresa e apesar de ter pouco impacto, o pouco impacto que tem compensa tendo em conta o esforço necessário.

Já no caso do quarto quadrante, estas são as melhorias que devem de ser prontamente eliminadas, por despenderem muito esforço e terem pouco impacto. No caso em particular deste projeto apenas uma melhoria se encontra neste parâmetro, sendo esta a M7.

Esta melhoria implicava investir numa espécie de rede para que o plástico vermelho não se deslocasse ao longo de toda a mesa das *lectras*, o que não traz grandes benefícios para a empresa e por isso, decidiu-se não investir, até porque a M13 servia para o mesmo efeito e era mais fácil de conseguir.

Por isso, as melhorias que foram imediatamente implementadas são as que estão presentes no primeiro quadrante: M3, M4, M5, M6, M10, M15, M16, M18, M19, M20, M22 e M24.

As melhorias que se encontram no terceiro quadrante foram sendo implementadas ao longo do estágio curricular: M1 e M13.

Por último, mas não menos importante, as melhorias presentes no segundo quadrante foram também implementadas, no entanto, o tempo necessário para a sua execução foi mais longo, estas melhorias correspondem aos seguintes números: M2, M8, M11, M12, M14, M17, M21 e M23.

---

### 4.3. Implementação e Avaliação das Melhorias Introduzidas no Processo de Corte

#### 4.3.1. Tarefa de Abastecer as *Lectras*

Nesta tarefa do processo de corte encontraram-se algumas melhorias a implementar, tais como: M4, M22 e M23. A M24 não foi referida neste subcapítulo por não ter grandes resultados. Relativamente à M22 (criar uma ajuda visual) e M23 (Reorganizar o armazém matéria-prima, organizar e adquirir uma tenda) a sua implementação está detalhada.

##### **Criar uma ajuda visual (M22)**

Sentiu-se a necessidade de criar uma ajuda visual para os trabalhadores que abastecem as *lectras* no sentido de não se enganarem na orientação em que colocam os rolos nas máquinas para que nos moldes não tenham que desenrolar as peças e depois virá-las ao contrário. Esta ajuda também evita que os trabalhadores no corte tenham de retirar os rolos e voltar a colocá-los quando se apercebem que os colocaram no sentido errado antes de se iniciar a marcada.

Assim, ao desenrolar já as podem colocar imediatamente no molde pois o sentido das mesmas já está correto. A ajuda visual criada está representada no APÊNDICE B foi colocada em diferentes zonas na área de corte, de maneira a evitar o erro por parte dos trabalhadores que abastecem as *lectras*, esta ajuda visual é um gênero de *poka-yoke* simbólico que segundo Hollnagel (2004) em Saurin et al. (2012) exige interpretação.

##### **Reorganizar o armazém matéria-prima, organizar e adquirir uma tenda (M23)**

Devido ao excesso de matéria-prima que o corte acarreta, esta já estava a ocupar a área da fábrica destinada a pás acabadas. Por isso, sentiu-se a necessidade de investir numa tenda para colocar essa matéria-prima com o objetivo de desocupar a área para pás acabadas.

Em paralelo com a organização da tenda, reorganizou-se o armazém de matéria-prima na área de corte, para a colocar determinada fibra sempre no mesmo local.

Para isto, foi necessário entender quais as fibras mais e menos utilizadas nas marcadas, essa análise foi feita através do ficheiro *excel*, onde se verificou a quantidade de

metros necessários de cada fibra para cumprir a procura do cliente por semana, nesta análise consideraram-se os três projetos, pois no projeto 145 são necessárias fibras que não são precisas nos outros dois projetos e vice-versa.

Depois desta análise, chegou-se à seguinte conclusão apresentada na Tabela 13, onde se consegue entender que a fibra mais utilizada é a BX45, assim sendo, 54% do espaço no armazém de matéria-prima tem que ser destinado a esta, no caso do *carbon* o espaço destinado a ele é praticamente insignificante (0,2%).

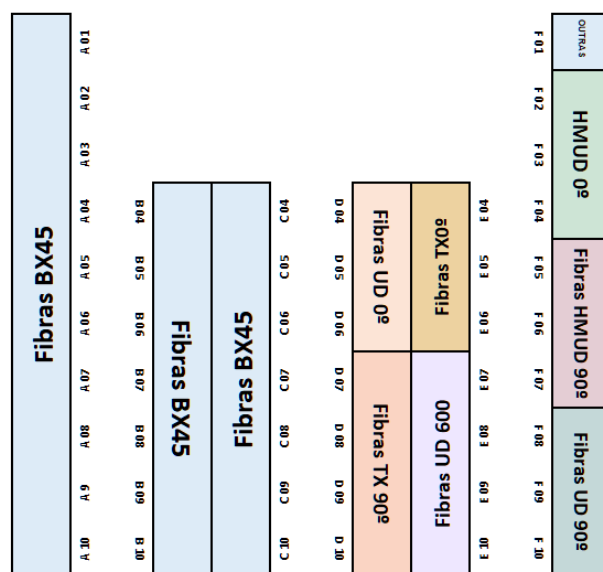
**Tabela 13** - Percentagem de Fibras mais e menos utilizadas

	<b>TOTAL (metros/semana)</b>	<b>UTILIZAÇÃO</b>
BX 45	27203	<b>54,0%</b>
CARBON	92	<b>0,2%</b>
HMUD 0º	2882	<b>5,7%</b>
HMUD 90º	2084	<b>4,1%</b>
TX 90 º	3897	<b>7,7%</b>
TX 0 º	2610	<b>5,2%</b>
UD	3186	<b>6,3%</b>
UD 90º	2502	<b>5,0%</b>
UD 600	5904	<b>11,7%</b>
	<b>50360</b>	

Compreende-se então que a BX45 tem destinado no armazém de matéria-prima metade do espaço, por ser a fibra mais utilizada. As fibras HMUD 0º, HMUD90º, UD 90º, UD e TX0º têm o mesmo espaço destinado, pois a nível de utilização as percentagens estão bastante próximas. Já a UD 600 e a TX90º são ligeiramente mais utilizadas que as anteriores e por isso destinou-se a estas mais uma estante.

Assim sendo, desenhou-se um possível layout para o armazém da matéria-prima já com as diferentes fibras destinadas a determinados locais, o resultado final encontra-se na Figura 16.





**Figura 16 - Layout Armazém Matéria-Prima**

Como se pode verificar, no armazém de matéria-prima existem seis filas destinadas ao armazenamento de fibras. Em cada estante existem quatro níveis, no entanto, este espaço não é suficiente para cobrir toda a matéria-prima que o corte tem que armazenar, por isso, foi necessário adquirir uma tenda para colmatar este problema.

Inicialmente, procedeu-se ao estudo da quantidade de paletes de fibra que a tenda conseguiria armazenar, uma vez que já se sabiam as medidas que da mesma.

Sabia-se que de comprimento a tenda teria 45 metros, sendo que as paletes de fibra têm no máximo 2,60 metros já com alguma margem, conseguia-se colocar 17 paletes em comprimento. Em largura, sabendo que cada paleta tem cerca de 1,30 metros, a tenda tem capacidade para 13 paletes, uma vez que tem de existir um corredor de três metros para os trabalhadores conseguirem deslocar-se com a empilhadora. Portanto, no total a tenda consegue armazenar 221 paletes, o que se verifica na Figura 17.

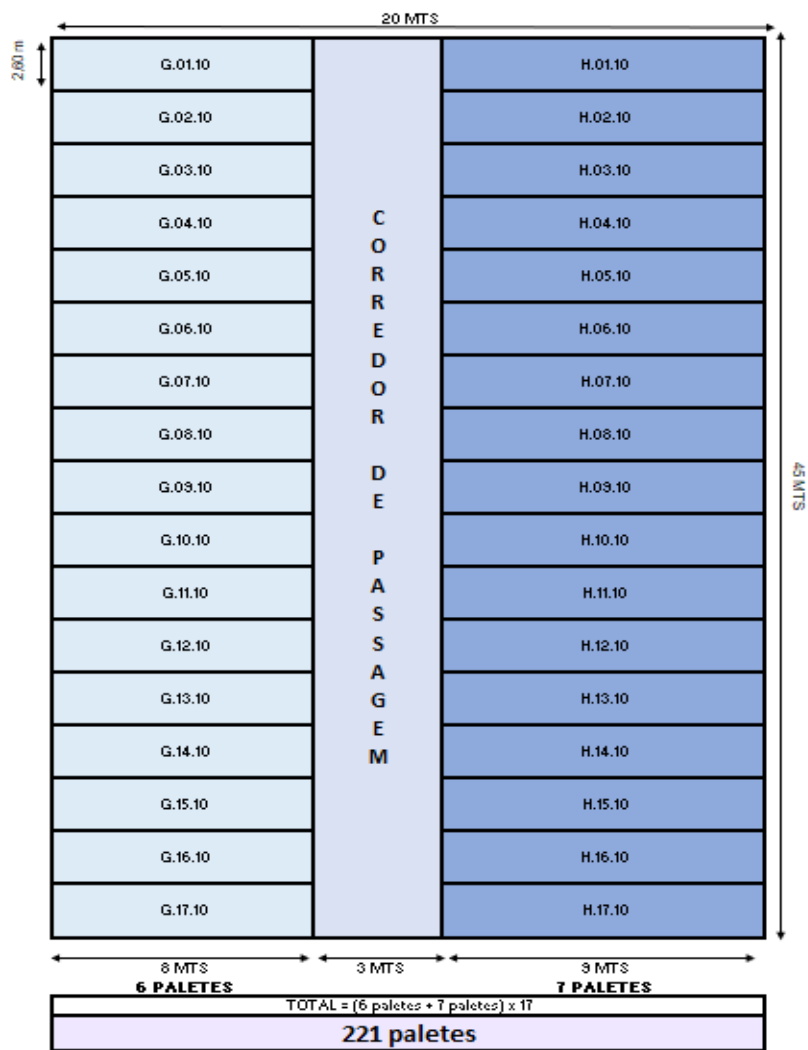


Figura 17 - Layout Tenda de Apoio ao Corte

Depois desta análise de capacidade da tenda, foi necessário criar-se BINS no SAP para que os trabalhadores consigam transferir o material para os respectivos locais, esses BINS foram criados e as identificações dos mesmos feitas e colocadas aquando da chegada da tenda, como se pode verificar na Figura 18.



Figura 18 - Tenda com as identificações colocadas

Após a colocação dos BINS verificou-se que o sistema não tinha rede dentro da tenda para se efetuar as transferências de materiais, por isso, foi imprescindível falar com o departamento das infraestruturas para colocarem o WiFi mais próximo da tenda.

No entanto, devido à distância que os trabalhadores se encontram das identificações com os BINS, cerca de 8/9 metros, a pistola nem sempre conseguia ler o QR *code* para efetuar a transferência do material, por isso, foi criado um gênero de porta-chaves, como os representados na Figura 19.



**Figura 19** - Porta-Chaves com os BINS

Na entrada da tenda foram colocadas identificações relativamente ao nome definido para a mesma, armazém de apoio ao corte, bem como contactos de emergência caso a tenda fosse danificada, além destas, também se colocou à entrada da tenda o lado correspondente à fila G e à fila H, demonstradas na Figura 20.



**Figura 20** - Identificações Colocadas no Armazém de apoio ao corte

Posteriormente, procedeu-se à marcação dos *zonings* relativamente a cada BIN, e iniciou-se a colocação de matéria-prima na tenda, como se pode observar na Figura 21.



**Figura 21** - Zonings Tenda de Apoio ao Corte

De seguida, foi necessário falar com o departamento de segurança, para entender quais os perigos associados à utilização da tenda, bem como colocação de identificações relativamente a um extintor e saída de emergência.

Por forma de aumentar a capacidade da tenda, fez-se a simulação de empilhar paletes que apenas têm dois rolos de fibra, utilizando uma tábua de madeira, como as representadas na Figura 22, o que permitia aumentar a capacidade da tenda para o dobro no que diz respeito a este tipo de paletes, portanto, decidiu-se manter este método, mas alertou-se os trabalhadores que o cuidado tem que ser acrescido, para não danificar o material e para evitar acidentes de trabalho.



**Figura 22** - Exemplo de empilhar paletes

---

### 4.3.2. Tarefa de Corte nas *Lectras*

Esta tarefa foi a que requereu uma maior atenção, uma vez que é o *bottleneck* do processo, por isso, as melhorias seguintes foram implementadas, sendo estas: M12, M13, M14, M17, M18 e M21. A ordem destas ao longo deste subcapítulo, tem que ver com a matriz esforço/impacto, sendo que as melhorias abordadas primeiramente dizem respeito às melhorias que se encontravam no quadrante um, por requerem de pouco esforço e do impacto ser elevado.

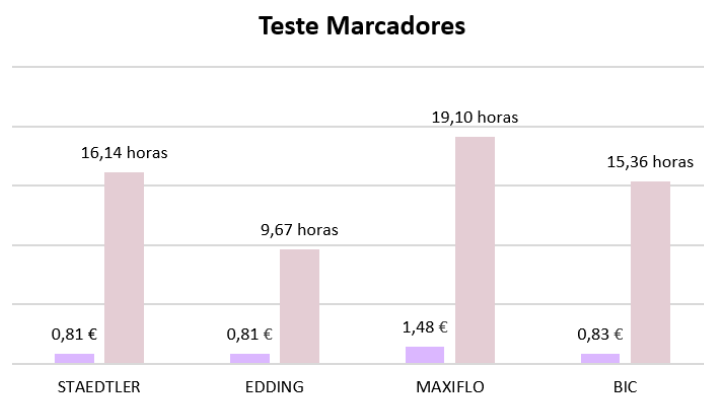
#### **Testar os marcadores de maior duração (M18)**

Os operadores que se encontram nas *lectras*, têm de marcar as peças cortadas escrevendo na fibra a designação da peça, para isso utilizam-se marcadores BIC verdes. Reparou-se que os marcadores estavam a ficar sem tinta muito depressa, então encomendou-se três marcas diferentes de marcadores para se comparar a duração destes com os marcadores BIC, de maneira a fazer um teste.

Para fazer uma análise do tempo que duravam os diferentes tipos de marcadores, numerou-se os mesmos e anotou-se a quem se entregava o marcador, pedindo a esse trabalhador que o devolvesse quando esse terminasse, de maneira a obter o tempo de duração.

Através da Figura 23, verifica-se que apesar de existirem marcadores que duram mais tempo, também são mais caros, pelo que para compensar a compra dos mesmos, esses teriam que durar o dobro do tempo dos BIC pois o preço também é praticamente o dobro, como é o caso dos MAXFILO. No entanto, o tempo que estes duram não é suficiente para se optar por esses.

Os marcadores da marca EDDING foram logo excluídos, por terem uma duração muito curta em relação aos outros. No caso da marca STAEDTLER e BIC, os preços eram bastante similares e a duração também, por isso, decidiu optar-se por manter os da marca BIC, visto que são os marcadores que a empresa costuma optar e a vantagem por optar pelos STAEDTLER não era muito significativa.



**Figura 23** - Relação Preço/Duração dos Marcadores

### **Utilizar um tubo para enrolar plástico vermelho (M13)**

Para encontrar uma solução que substituísse a sugestão M7, que consistia em investir num género de rede, para que o plástico vermelho não se deslocasse ao longo de toda a mesa das *lectras*, surgiu a ideia que os trabalhadores, que se encontram no início da mesa, colocassem um tubo de 2540mm de comprimento, e fossem enrolando o plástico (M13) como se pode ver na Figura 24.



**Figura 24** - Tubo a Enrolar Plástico Vermelho

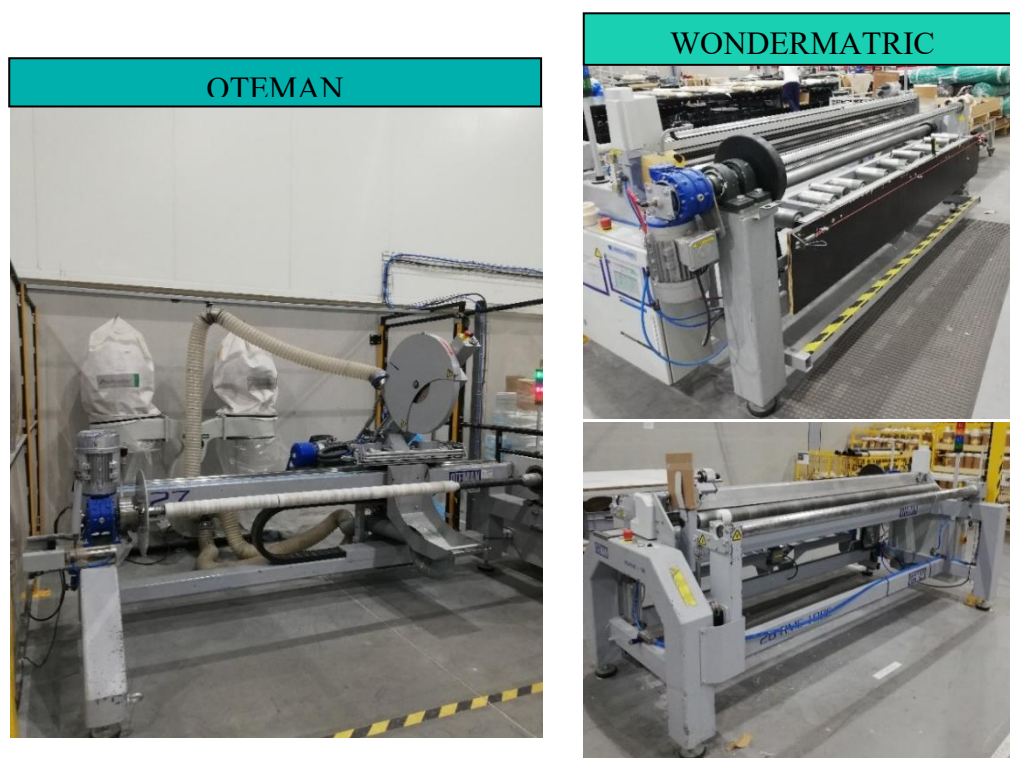
Contudo, verificou-se que esta melhoria não trazia assim tantas vantagens significativas, e apenas ajudava em determinadas marcas, sendo que em outras, não era de todo relevante proceder-se à mesma.

Por isso, deixou-se ao critério dos trabalhadores, se queriam ou não utilizar essa melhoria para facilitar o seu trabalho.

### Cortar peças compridas a direito na *oteman* e *wondermatic* (M12)

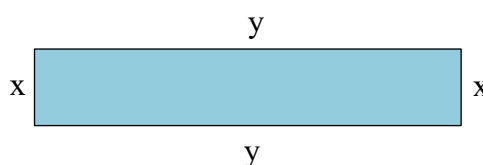
Existem duas máquinas na área de corte, que estão praticamente paradas (*oteman* e *wondermatic*), e outras duas (*lectras*) que estão sobrecarregadas, por isso, sentiu-se a necessidade de lhes dar uso às pouco utilizadas, pois trazem custos tanto de espaço como de equipamento.

A *oteman*, é uma máquina que corta os rolos à largura, enquanto, a *wondermatic*, corta em comprimento. Os metros que se pretendem para a produção, deverão ser cortados em duas etapas, de acordo com a programação combinada entre as duas máquinas. Ambas as máquinas estão representadas na Figura 25.



**Figura 25** - Oteman (esquerda) e Wondermatic (direita)

Uma ideia que surgiu para a utilização das máquinas referidas anteriormente, consistia em retirar das marcadas cortadas nas *lectras*, as peças que não têm forma, ou seja, que são a direito, do gênero da Figura 26.



**Figura 26** - Modelo de uma peça a direito

Para isto, aplicando o ciclo de PDCA, houve necessidade de planejar as peças a retirar, então, na fase de planejamento (*plan*), existiu uma análise das marcadas das *webs*, por se saber de antemão que têm inúmeras peças a direito e muito compridas, ou seja, sem forma, e por isso, podiam ser cortadas na *oteman* à largura e posteriormente na *wondermatric*, em comprimento. Essas peças são, regra geral, correspondentes aos reforços das *webs*, estes reforços são sempre necessários aos pares.

Analisou-se apenas estas peças, uma vez que, inicialmente era preciso fazer-se um teste podendo no futuro alongar-se às restantes peças a direito além dos reforços das *webs*.

Dessa análise, concluiu-se que, existiam 50 peças que se poderiam retirar das marcadas de forma a serem cortadas na *oteman* e *wondermatric*. À medida que se verificava se as peças eram a direito ou não, anotava-se a largura das mesmas, bem como o comprimento em milímetros, como se pode ver na Tabela 14.

**Tabela 14** - Larguras e comprimentos dos reforços das webs

		largura	comprimento
WEB_LE M01	reforço 1.1	210	43060
	reforço 1.2	292	26628
	reforço 2.1	210	42062
	reforço 2.2		
	reforço 3.1		
	reforço 3.2	225	37500
	reforço 4.2	295	35400
	reforço 7.1	110	42260
	reforço 7.2	115	8260
	reforço 7.3	120	16440
	reforço 7.4	125	3460
	reforço 8.1	160	42330
	reforço 8.2	165	8270
	reforço 8.4	175	2875
WEB_LE M02	reforço 4.1		
	reforço 5.1		
	reforço 5.2	395	30220
	reforço 6		
WEB_TE M01	reforço 7.3	125	34340
	reforço 6		
	reforço 5.2	390	30775
	reforço 7.1	110	11100
	reforço 8.3	175	34165
	reforço 8.1	160	11150
	reforço 4.1		
	reforço 5.1		
	reforço 3.2	220	34250
	reforço 1.1	220	42362
WEB_TE M02	reforço 3.1		
	reforço 2.2	292	26628
	reforço 7.2	160	23775
	reforço 8.2	310	23774
	reforço 4.2	290	32500
reforço 2.1	220	42562	

**LEGENDA:**   não é direita, tem forma

Relembro, que a análise feita foi apenas relativamente aos reforços, ainda assim fala-se de uma redução de cerca de 19,5% das peças, em relação ao total de peças das *webs*.

Além desta análise, e sabendo que os rolos de fibra a utilizar têm no máximo 1270mm de largura, agrupou-se as diferentes larguras das 50 peças a cortar na *oteman* e *wondermatric*, para garantir o mínimo desperdício possível, aproveitando o máximo de fibra do rolo.



Além dos rolos de 1270mm, existem também rolos com 200mm de largura que podem ser usados, como se fez no caso dos reforços 1.1 e 2.1.

No entanto, antes de se começar a agrupar as larguras, questionou-se nos moldes se existiam larguras que poderiam ser ajustadas, para se obterem valores mais exatos e idênticos. A resposta foi afirmativa, o que facilitou imenso o trabalho.

Por exemplo, os reforços 8.2 e 8.4, tinham larguras diferentes, e ao conversar com os trabalhadores dos moldes, foi possível obter a mesma largura para estes, o que permitiu agrupá-los no mesmo rolo.

Assim sendo, definiu-se que as medidas seriam as apresentadas na Tabela 15, já depois de serem reajustadas através da ajuda dos trabalhadores, nos moldes:

**Tabela 15** - Combinação das larguras e comprimentos dos reforços das *webs*

WEB LE				WEB TE			
				2 rolos de 1270 com 45 metros			
				largura	comprimento		
7.1	120	42260	mm	7.1	110	11100 + 11100	mm
4.2	300	35400	mm	8.1 + 7.2	160	11150 + 23775	mm
8.1	170	42330	mm	8.1 + 7.2	160	11150 + 23775	mm
5.2	400	30220	mm	8.3	175	34165	mm
7.2 + 7.4 + 7.3	120	8260 + 3460 + 16440	mm	8.3	175	34165	mm
	1110			5.2	400	30775	mm
					1180		
				1 rolo de 1270 com 38 metros			
				largura	comprimento		
3.2	225	37500	mm	5.2	400	30775	mm
3.2	225	37500	mm	8.2	310	23774	mm
1.2	290	26628	mm	8.2	310	23774	mm
1.2	290	26628	mm	7.3	125	34340	mm
8.2 + 8.4	170	(8270*2) + (2875*2)	mm	7.3	125	34340	mm
	1200				1270		
				1 rolo de 1270 com 35 metros			
				largura	comprimento		
				2 rolos de 200 com 85,5 metros			
				largura	comprimento		
1.1+2.1	200	43060 + 42062	mm	1.1	220	42362 + 42362	mm
				1 rolos de 1270 com 85 metros			
				largura	comprimento		
				3.2 + 2.1	220	34250 + 42562	mm
				3.2 + 2.1	220	34250 + 42562	mm
				2.2	290	26628 + 26628	mm
				4.2	290	26628 + 26628	mm

Após esta fase de planeamento, vem a fase fazer (*do*), onde se prosseguiu com o corte na *oteman* e *wondermatic*, das peças previamente definidas, com as larguras e comprimentos também pré-definidos.

Quando se preparou o carro nas preparações do corte, colocaram-se ao invés das peças originais cortadas pela *lectra*, as peças cortadas pela *oteman* e *wondermatic*, de forma a se obter um *feedback* por parte dos moldes.

Foi então pedido o *feedback* nos moldes, que se enquadra na fase de verificação (*check*), de maneira a perceber se as peças teriam a mesma qualidade ou não, e também se as larguras e comprimentos estavam com as medidas corretas.

Esse *feedback* foi então positivo, e ao trocar ideias com as pessoas dos moldes entendeu-se que os reforços, 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4 podem ser fundidos num só, pois ficam todos seguidos, e assim, apenas seria necessário efetuar o corte em largura, o que facilita o trabalho tanto para os da área de corte como os do molde. O mesmo acontece com os reforços 8.1, 8.2 e 8.4.

Por fim, a última fase passa por agir (*act*) onde se solicitou ao departamento de engenharia para retirarem as peças anteriormente referidas das marcadas para reduzir o tempo de corte nas *lectras* e iniciar o corte na *oteman* e *wondermatic*.

Seguramente, existirão muitas mais peças que não têm forma, como é o caso dos reforços das *webs*, que se podem retirar das marcadas para serem cortadas nas outras máquinas, fazendo com que as *lectras* fiquem menos sobrecarregadas.

Assim sendo, as marcadas que as *lectras* necessitavam de cortar para as *webs* eram seis, com um total de 257 peças, com a eliminação dos 50 reforços das *lectras*, as marcadas passaram a ter 207 peças, o que provocou uma redução de 19,5% aproximadamente.

Além disto, anteriormente, o corte das *webs* nas *lectras* demorava cerca de 322 minutos, e conseguiu-se reduzir esse tempo aproximadamente para 204 minutos, ou seja, houve uma redução de cerca de 20% do tempo das marcadas nas *lectras*, relativamente às *webs*.

Assim sendo, o *bottleneck* do processo que anteriormente tinha um tempo de ciclo de 266 minutos por pá passou a ter um tempo de ciclo de 246 minutos por pá, ocorrendo uma redução 7,5% aproximadamente.

Espera-se que no futuro se comece aos poucos a eliminar das marcadas as restantes peças que não têm forma para que sejam cortadas nas outras duas máquinas, pelo que a redução do tempo de ciclo do corte nas *lectras* irá diminuir ainda mais.

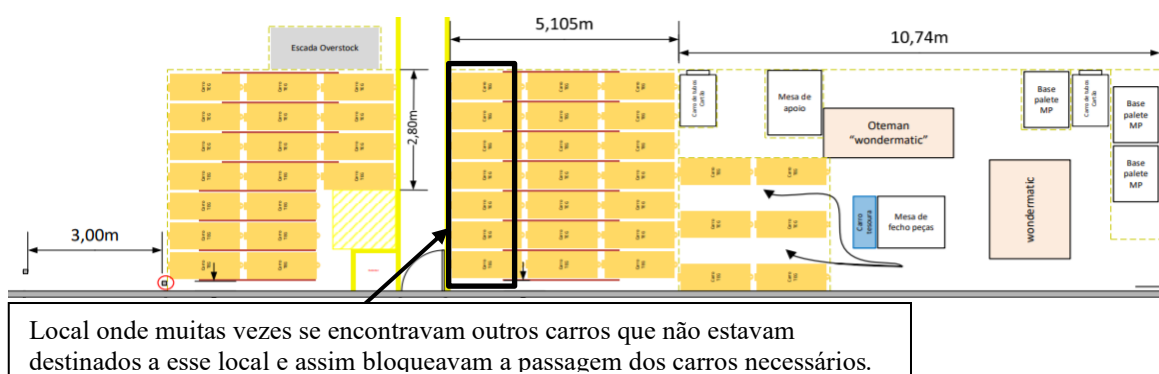
**Alterar Layout Carros (M14)**

Ao longo da observação do processo de corte, havia uma área que estava muito desorganizada, provocando dificuldades aos trabalhadores de alcançarem o que necessitavam, a partir da Figura 27, consegue-se perceber essa desorganização. Além disto, era necessário encontrar um local para o quadro de top 5, onde os trabalhadores e líderes GAT, se reúnem no início do turno e, por isso, era indispensável conseguir espaço.



**Figura 27 - Desorganização da Área**

O *layout* definido na Figura 28, este promovia o bloqueio dos carros necessários e para além disto, nem esse *layout* era cumprido.



**Figura 28 - Layout "as is"**

Para evitar este problema, procedeu-se à alteração do *layout* e respetiva organização, como está presente na Figura 29, pois facilita a passagem dos carros vazios e aumenta o espaço, podendo assim colocar-se o quadro de top 5.

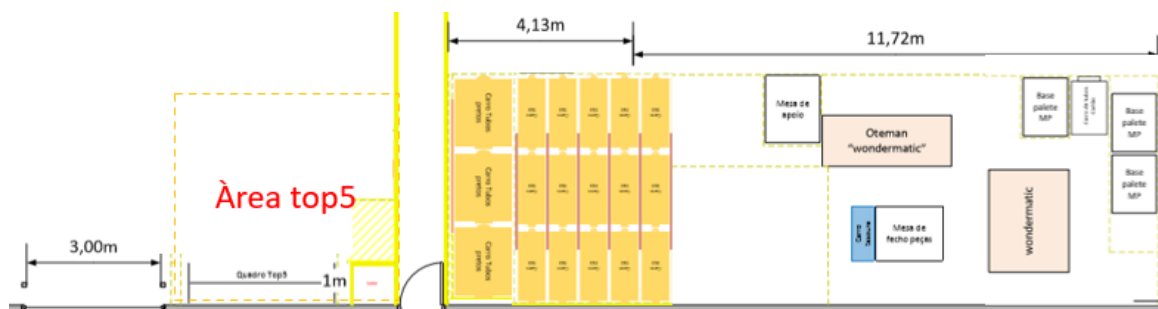


Figura 29 - Layout "to be"

Neste novo *layout*, está presente os 5S, inicialmente eliminou-se o que não era necessário, posteriormente, definiu-se onde ficava cada coisa, alertando os trabalhadores para este novo *layout*, de maneira a criar se um *standard*.

Este novo *layout*, facilitou a retirada dos carros vazios, o que também permite a sua manutenção.

Através desta mudança, definiu-se um espaço destinado ao quadro de top 5, como se pode ver na Figura 30.

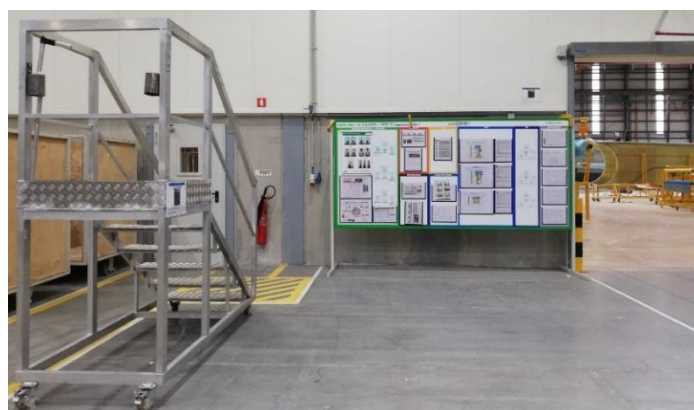


Figura 30 - Quadro Top 5

Com isto, a área que antes era muito desorganizada, tornou-se numa área muito melhor, como se observa na Figura 31. Nesta fase, ainda não tinham sido colocadas as baias, mas já se notava uma grande diferença em relação ao *layout* anterior, principalmente no que diz respeito aos 5S.



**Figura 31** - Área com o *Layout* devidamente alterado

### **Adquirir dois carros de abastecimento (M17)**

Outro grande problema que se verificou para que os trabalhadores não conseguissem evacuar a mesa a tempo, foi a falta de carros desocupados para colocar as peças já embaladas, isto acontecia porque quando os dois carros livres para as colocar estavam cheios era necessário transportar as peças para o armazém das peças cortadas, conseqüentemente, o tempo que se demora a executar esta etapa (contabilizado no processo de corte nas *lectras*) não é suficientemente rápido para voltarem a estar carros disponíveis e por isso a mesa tinha de parar.

Para resolver este problema, a única solução possível seria comprar pelo menos, mais dois carros, um para cada *lectra*, para tentar que o fluxo fosse o mais contínuo possível.

Portanto, procedeu-se à encomenda dos mesmos, aquando da chegada destes foi possível verificar que o fluxo estava muito melhor, no entanto, ainda não era suficiente para que o fluxo fosse constante a 100%.

Claro que, atingir o fluxo constante a 100% é praticamente impossível, tendo em conta o contexto industrial, no entanto, quando for possível voltar a investir em mais dois carros para este fim, é algo a fazer de imediato.

### **Alterar sentido de enrolamento das peças (M21)**

A melhoria aqui apresentada, está relacionada com a orientação em que os trabalhadores têm de enrolar as fibras nas *lectras*, o sentido favorável para este processo, é do fim da mesa para o início, como se pode ver na Figura 32.



**Figura 32** - Sentido de Enrolamento Favorável das Peças

Este sentido ajuda a evitar acumulação de peças no final da mesa, e consequentemente haver paragem das *lectras*, provocando tempos de espera até que os trabalhadores consigam evacuar a mesa, para se continuar o corte da marcada.

Para existir o máximo de aproveitamento das fibras nas marcadas, tenta-se ocupar o máximo de espaço, e por vezes, é necessário colocar as peças ao contrário e consequentemente, o sentido de enrolamento das mesmas inverte também.

O sentido favorável de enrolamento não se pode manter nestes casos, pois isso levava a que nos moldes, tivessem que desenrolar as peças e virá-las ao contrário para as colocarem da forma correta, o que lhes provocaria constrangimento.

No entanto, existem peças que são praticamente a direito, e por isso, não seria problemático alterar o sentido de enrolamento, facilitando assim o processo de corte nas *lectras*, por isso, sempre que se verificava a existência de peças desse gênero, comunicava-se com o departamento de engenharia, para este proceder à alteração da marcada de forma que o sentido de enrolamento fosse o mais favorável para todos.

Assim, os responsáveis pelos desenhos das marcadas, ficavam mais atentos para evitar este tipo de situações, porque entendiam que para o processo de corte, o sentido em que se enrolam as peças é bastante significativo para a produtividade.

### **4.3.3. Tarefa de Preparação OP, OT e Identificações**

Para esta tarefa as melhorias que surgiram foram as seguintes: M1, M2 e M19. A ordem destas está relacionada com a matriz esforço/impacto.

### **5S mesa das preparações (M19)**

De maneira a organizar a mesa das preparações utilizou-se a ferramenta 5S, inicialmente separou-se o que é necessário do que é desnecessário, colocando no lixo tudo o que não era relevante e apenas estava acumulado, a Figura 33, demonstra o lixo retirado da mesa das preparações do armazém das peças cortadas.



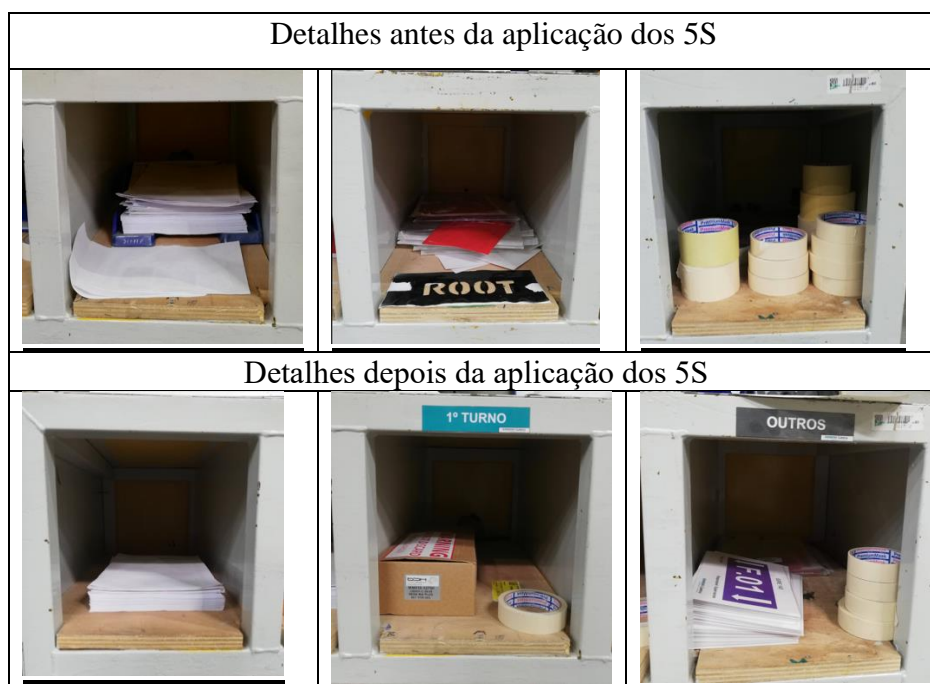
**Figura 33** - Lixo Eliminado da Mesa das Preparações

Posteriormente, criaram-se algumas identificações de maneira a colocar cada coisa no lugar, como se pode ver na Figura 34 e Figura 35 .

De seguida, limpou-se a mesa das preparações. Alertou-se os trabalhadores dessa área para que seguissem algumas regras de limpeza, principalmente quando o turno acaba para manter o local limpo para os do turno a seguir.



**Figura 34** – Mesa de preparação antes e depois de aplicar 5S



**Figura 35** - Antes e Depois dos 5S na mesa das preparações

### **Imprimir muitas identificações (M1)**

Esta melhoria, surgiu no seguimento de reduzir o tempo que os trabalhadores desta área, fazem em deslocações para irem buscar impressões que necessitam, para colocar nos carros a abastecer, o tempo de ciclo que estas deslocações acarretam é de 4,85 minutos.

Ao imprimir muitas identificações, diminuía as vezes que estes se tinham de deslocar para as irem buscar, no entanto, como essas identificações estão constantemente a mudar, a melhoria seguinte surgiu como alternativa.

### **Comprar uma impressora para colocar na mesa das preparações (M2)**

Para evitar as deslocações dos trabalhadores, pensou-se em adquirir uma impressora para colocar na mesa das preparações, contudo, esta melhoria não foi posta em prática, devido ao facto da empresa não achar significativo, investir na compra de uma impressora tendo em conta o proveito que se obtinha da mesma. No entanto, no futuro pensa-se voltar a insistir nesta melhoria, deixando-a por agora em *standby*.



#### 4.3.4. Tarefa de “Rodar” os Tubos

No caso desta tarefa do processo de corte, apenas surgiram duas melhorias, sendo estas: M3 e M5.

##### Trocar os tubos de plástico por tubos de cartão (M5)

Além disto, também se verificou que os tubos que enrolam as peças de maiores dimensões, têm de largura 2540mm e são feitos de plástico, estes devido ao peso das fibras vão ficando empenados, provocando redução de espaço nas *racks* no armazém de peças cortadas dificultando o enrolamento das peças.

Para resolver este problema, encomendaram-se então tubos de cartão de forma a entender se o mesmo aconteceria ou não.

Como os trabalhadores da fábrica estão habituados aos tubos de plástico, e com receio que colocassem os tubos de cartão no lixo, foi criada uma etiqueta para colocar nas duas extremidades dos tubos para servir de aviso que não são para se colocar no lixo pois pertencem e são necessários ao corte, como se pode observar na Figura 36.



Figura 36 – Tubos antigos, novos e respetiva etiqueta

À medida que o tempo foi passando, verificou-se que os tubos de cartão já estavam a ficar empenados e tinham sido utilizados poucas vezes, por isso, fez-se uma nova encomenda de tubos para verificar quais seriam os mais indicados.

Os novos tubos que se encomendaram eram idênticos aos anteriores, mas o diâmetro era inferior, como se pode ver na Figura 37. A partir da observação concluiu-se que os tubos de cartão com diâmetro inferior ficavam quase imediatamente empenados, e mais que os de diâmetro superior.

Apesar dos tubos de cartão com diâmetro superior ficarem empenados, não atingem o mesmo estado que os tubos de plástico, que vergam muito mais rapidamente, pelo que se decidiu que os tubos de cartão de maior diâmetro seriam a melhor solução para este problema.



**Figura 37** – Tubos de cartão com diferentes diâmetros

Contudo, a solução não era ideal, por isso, este problema ainda não foi totalmente resolvido, apenas reduzido, pelo que se continua a pensar em novas soluções.

### **Adquirir um suporte para a pistola (M3)**

Esta melhoria, surgiu para diminuir tanto o tempo, que os trabalhadores demoram a efetuar a tarefa de picagem nas preparações, bem como as suas deslocações, isto porque, quando os trabalhadores terminam a tarefa de “rodar os tubos” no caso da SHELL SS e PS, precisam de se deslocar para irem buscar a pistola, o que despende de cerca de 1,51 minutos.

Ao adquirir um suporte para os trabalhadores, andarem com a pistola com eles, permitia executar a tarefa de picagem imediatamente a seguir à tarefa “rodar os tubos”, sem haver a necessidade de deslocações, onde está presente o desperdício de movimento. Assim, diminuía o tempo da tarefa de rodar os tubos em 1,5 minutos, porque foi onde se incluiu este tempo.

No entanto, esta melhoria não foi aplicada, porque no futuro o sistema vai mudar e consequentemente as pistolas também, pelo que, não se sabia as medidas das novas pistolas para mandar fazer um suporte para as mesmas.

Para tentar resolver este problema, os trabalhadores experimentaram andar com a pistola à medida que rodavam os rolos, mas tornava-se complicado e acabavam por perder mais tempo, do que ao ir buscar a pistola e voltar.

Contudo, quando o novo sistema for implementado, esta é uma melhoria a executar permitindo eliminar o desperdício de movimento por parte dos trabalhadores.

#### 4.3.5. Tarefa de Picagem

Para tarefa de picagem, apenas surgiu a M3 e a M6, no entanto, a M3 foi descrita no subcapítulo anterior, porque os resultados que advinham dela, estavam relacionados com a tarefa de “rodar” os tubos. No caso da M6, esta está abordada a seguir.

##### Alterar a cor das etiquetas (M6)

No processo das preparações, ao conversar com os trabalhadores entendeu-se que uma das dificuldades dos mesmos era a pistola na etapa de picagem, muitas vezes não reconhece o QR *code* das etiquetas. Investigou-se sobre este problema levantado pelos trabalhadores e percebeu-se que nos outros dois projetos o processo de picagem era mais reduzido, uma vez que a cor das etiquetas nos outros projetos é mais clara.

Concluiu-se então que a pistola tinha mais dificuldade em ler o QR *code* das etiquetas referentes ao projeto 145 devido a estas serem escuras, pois nos outros dois projetos sentiam que esta etapa era muito mais rápida de se completar.

Por isso, pediu-se ao fornecedor de etiquetas para fornecer mais claras, a diferença das cores entre as etiquetas antigas e as atuais é bastante visível, como se pode ver na Figura 38.



**Figura 38** – Cor das etiquetas anteriores e a nova opção

Para compreender se ocorreu redução nos tempos de picagem devido às etiquetas novas, procedeu-se a uma nova medição de tempos, onde se verificou que ocorreu uma

redução de cerca de 10 minutos sempre que se efetua picagem das peças cortadas, como se pode ver na Tabela 16.

**Tabela 16** –Tempos de Ciclo Recolhidos da Picagem com Etiquetas Claras

		tempo ciclo por tarefa etiquetas escuras (minutos)	tempo ciclo por tarefa etiquetas claras (minutos)	maior tempo de ciclo das tarefas que ocorrem em paralelo (escuras)	maior tempo de ciclo das tarefas que ocorrem em paralelo (claras)	tempo ciclo total escuras (minutos)	tempo ciclo total claras (minutos)
PICAGEM	SHELL SS	39,49	31,23	42,51	34,27	105,56	76,74
	SHELL PS	42,51	34,27				
	WEB TE	31,66	20,13	31,66	20,13		
	WEB LE	23,38	15,67				
	ROOT	31,39	22,34	31,39	22,34		
	ACABAMENTOS	27,59	19,56				

Através da tabela verifica-se que anteriormente o tempo de ciclo correspondente à etapa de picagem era de 105,56 minutos, e ocorreu uma diminuição para 76,74 minutos, pelo que houve uma redução de 27% aproximadamente do tempo necessário para efetuar esta tarefa.

#### 4.3.6. Tarefa de Costura

Por fim, relativamente à tarefa de costura, também se implementaram algumas melhorias, e outras ficaram em standby. As melhorias que surgiram para esta tarefa dizem respeito a: M8, M10, M11, M16 e M24.

##### Trocar cor da linha de costura (M10)

Uma das melhorias implementadas no processo de costura, passou pela alteração da cor da linha de costura, uma vez que esta era branca. Esta melhoria ajuda os trabalhadores a conseguirem visualizar melhor a linha da costura, permitindo que essa fosse mais direita, pois ao usar linha branca, não se distingue, uma vez que as fibras são brancas também. Procedeu-se imediatamente a esta melhoria, por ser de fácil execução.

##### Fazer desenho para simplificar preparação SG145 (M16)

Sentiu-se também a necessidade, de criar um desenho para preparação das peças a costurar, relativamente ao projeto SG145, pois simplifica imenso o trabalho dos trabalhadores, reduzindo o tempo de interpretação dos mesmos com o desenho atual.

Já existiam esses desenhos, tanto para o projeto SG155 e SG170, como se pode ver no ANEXO C, pelo que se tentou fazer nos mesmos moldes para o projeto SG145, como se pode observar no APÊNDICE C.

### **Criar *kanban* costura (M24)**

Ao observar o processo de costura, reparou-se que este despendia de dois trabalhadores que poderiam estar a dar suporte nas *lectras*, ao invés de estar constantemente a produzir peças costuradas, pois o processo de corte nas *lectras*, é o *bottleneck* e toda a ajuda é necessária.

Portanto, pensou-se em criar um *kanban* para este processo, permitindo que este apenas fosse executado quando realmente é necessário, uma vez que a ferramenta *kanban* é um sinal visual, que quando está visível as pessoas imediatamente percebem que têm de produzir e qual a quantidade, evitando assim a produção em excesso, como Oliveira et al. (2017) afirma.

Neste caso em particular, o *kanban*, funcionaria através dos carros, onde são colocadas as peças costuradas, pois existem carros específicos para este tipo de peças, como se pode verificar na Figura 39, neste exemplo o carro já está abastecido com as duas peças de costura prontas (TEBC e LEBC).



**Figura 39** - Carro Destinado a Peças Costuradas Abastecido

Ao implementar-se o sistema *kanban*, os trabalhadores produziam as peças costuradas sempre que na área de costura estivesse presente um carro vazio, destinado a essas peças, assim, tanto os trabalhadores como os supervisores saberiam que era necessário voltar a produzir aquelas peças.

Sendo que existem carros idênticos para os três projetos, para que os trabalhadores identifiquem facilmente qual o projeto que têm de costurar, criou-se uma identificação representativa de cada um.

Contudo, esta sugestão não foi ainda implementada, devido à falta de carros destinados a peças costuradas, pois teve que se proceder à encomenda dos mesmos e estes, ainda não chegaram.

No entanto, acredita-se que a implementação deste *Kanban*, vai facilitar imenso a produção de peças costuradas, permitindo a desocupação dos trabalhadores, podendo estes darem suporte nas *lectras* que são a parte do processo que mais necessita, por ser o *bottleneck*.

### **Adquirir uma mesa maior para a tarefa da costura (M11)**

Posteriormente, ao conversar com os trabalhadores que habitualmente estão alocados ao processo de costura, estes questionaram, se seria possível o aumento da mesa de trabalho,

pois que este aumento, facilitaria o processo, uma vez que diminuiria o número de vezes que as peças são arrastadas para o final da mesa e permitiria a costura sem paragens.

### 4.3.7. Outras Melhorias Implementadas

#### 5S mesa supervisores e coordenador (M15)

Os 5S consistem essencialmente na organização de uma determinada área, sendo a mesa dos supervisores um local por onde passam muito documentos, alguns importantes e outros irrelevantes, acaba por se acumular muitas coisas desnecessárias e perder outras importantes. Por isso, implementou-se os 5S na mesa dos supervisores, por ser um local que se deve manter o mais organizado possível.

Inicialmente, separou-se o que era desnecessário do que era necessário, colocando tudo o que não era relevante no lixo, através da Figura 40, consegue-se ter uma perceção da quantidade de lixo que estava acumulado nesta mesa, e que foi imediatamente eliminado.



**Figura 40** – Lixo eliminado

Seguidamente, organizou-se a mesa e respetivas gavetas, como se pode ver na Figura 41, as diferenças do antes e depois.



Figura 41 – Organização das gavetas

Alteram-se algumas identificações, por não serem suficientemente representativas e por se encontrarem danificadas. Também se colocaram algumas identificações completamente novas, e ainda, criou-se um *zoning* para o furador e agrafador, pois verificou-se que estes estavam sempre a desaparecer, assim a Figura 42 e Figura 43 demonstram as alterações que foram sendo feitas.





Figura 42 – Antes e Depois dos 5S



Figura 43 – Zoning furador e agrafador

Além destas alterações, colocou-se fita cola de dupla face nos tabuleiros de maneira a as fixar à mesa, para estas não saírem do sítio e permanecerem coladas Figura 44.



**Figura 44-** Tabuleiros com fita cola de dupla face

No futuro, espera-se alterar o computador direito (Figura 45) para o outro lado da mesa, para que o supervisor consiga ter uma maior visão e controlo do processo de corte, enquanto está a trabalhar, pois ao manter-se o computador onde este está atualmente, o supervisor fica de costas para a produção.



**Figura 45 –** Disposição atual dos computadores na mesa dos supervisores

### **5S carro azul (M20)**

Outra área que pareceu oportuno aplicar a ferramenta 5S, foi no carro azul, que corresponde ao local onde se guardam coisas importantes e necessárias para a área de corte, contudo, tinham inúmeras coisas que não eram precisas e por isso, podiam ir para o lixo.

Inicialmente, retirou-se tudo o que estava dentro do carro azul, seguidamente questionou-se o que se poderia eliminar e o que era realmente importante e por isso, tinha

que se manter. Esta foi a área de onde se retirou mais lixo, desde coisas de metal, EPIS que caíram em desuso, capas com documentos arquivados desde 2014, ferramentas danificadas, entre outros.



**Figura 46** - Carro Azul Antes dos 5S e Depois dos 5S

Devido ao excesso de lixo, esta área era muito desorganizada como demonstra a Figura 46 (lado esquerdo), isto porque, continha demasiadas coisas.

Depois de se eliminar tudo aquilo que não era necessário, procedeu-se à limpeza do carro azul, seguindo os 5S. Seguidamente, colocou-se tudo aquilo que era preciso no carro, de forma organizada como demonstra a Figura 46 (lado direito).

Nesta área pode-se afirmar que os 5S foram uma ferramenta muito útil e que eliminou muito lixo, o que consequentemente, aumentou o espaço para coisas realmente importantes.



---

## 5. CONCLUSÕES

A presente dissertação foi então realizada na empresa *Siemens Gamesa*, e pretendeu responder aos seguintes objetivos de investigação:

- Objetivo 1: Construção do VSM do processo de corte;
- Objetivo 2: Definição e priorização de melhorias ao processo de corte;
- Objetivo 3: Implementação e avaliação das melhorias introduzidas no corte.

Para responder a estes objetivos, vários métodos de investigação foram utilizados, análise de dados a observação foi um fator crucial, no entanto, além da observação, recorreu-se a entrevistas não estruturadas, com o principal objetivo de recolher tempos e conhecer o processo. Ainda se realizou um *focus group* com os dois supervisores da área de corte e o coordenador, onde se fez um *brainstorming* de melhorias a implementar.

Para a concretização da construção do VSM do processo de corte (Figura 13), foi necessário entender bem o processo de corte antes de se começar a mapear o fluxo de valor, para isso os métodos utilizados passaram por entrevistas não estruturadas, observação e ainda análise documental. De seguida, construiu-se um fluxograma de forma a clarificar a compreensão do processo de corte (Figura 8), tendo por base essencialmente a observação.

Seguidamente, iniciou-se a recolha de tempos de cada tarefa, para obter o tempo de ciclo total do processo, e foi-se anotando o inventário que existia entre as diferentes tarefas.

No segundo objetivo, como se referiu anteriormente, realizou-se um *focus group*. Deste *focus group* surgiram 24 melhorias (Tabela 12), sendo que uma foi imediatamente eliminada por não ser exequível (M9).

Para priorizar as melhorias construiu-se uma matriz de esforço/impacto que definiu o caminho a seguir, ou seja, iniciou-se a implementação das melhorias que se encontravam no primeiro quadrante: M3, M4, M5, M6, M10, M15, M16, M18, M19, M20, M22 e M24.

De seguida, as melhorias que estavam no terceiro quadrante: M1 e M13. Por fim, as melhorias do segundo quadrante: M2, M8, M11, M12, M14, M17, M21 e M23. A única melhoria que não era vantajosa ter em conta era a M7, por requerer um elevado esforço e o impacto no processo ser baixo.

Após a definição e priorização das melhorias, iniciou-se o desenvolvimento do terceiro objetivo, que passa pela implementação das mesmas.

Através da implementação das melhorias, conseguiu-se reduzir o tempo de ciclo total do processo, passando de 10,1 horas para 9,3 horas, ocorrendo uma redução de 8%. Esta redução do tempo de ciclo, conseguiu-se com a implementação da melhoria que diz respeito à alteração da cor das etiquetas (M6, aplicada na tarefa de picagem) e eliminação das peças sem forma das marcadas das *lectras* (M12, aplicada na tarefa de corte nas *lectras*).

No futuro, esta redução poderá ser ainda maior, pois, apenas se aplicou esta melhoria (M12) para os componentes *webs*, por se saber que têm imensas peças a direito, no entanto, os outros componentes da pá eólica também têm algumas peças a direito, e ao se aplicar esta melhoria nesses componentes o tempo de ciclo da tarefa de corte nas *lectras*, que por sinal é o *bottleneck* do processo, irá diminuir ainda mais.

Se se aplicassem algumas melhorias que ficaram em *standby*, com a compra da impressora (M2) e a compra de um suporte para a pistola (M3), o tempo de ciclo total reduzia para cerca de 9,2 horas, o que em percentagem corresponde a uma diminuição de 9%.

De destacar também as melhorias relativamente à organização da área de corte, principalmente, a melhoria que diz respeito à reorganização do armazém da matéria-prima e organização da tenda de matéria-prima.

Outra melhoria que ficou em *standby* e que futuramente vai ser essencial para o processo de corte, é a implementação de um *kanban* relativamente às peças costuradas, permitindo que os trabalhadores deem suporte no corte nas *lectras*.

Devido à curta duração do estágio curricular e das inúmeras melhorias implementadas, não foi possível concretizar o mapeamento do fluxo de valor do estado atual. Sentiu-se também uma grande dificuldade na recolha de tempos, uma vez que, estes eram muito extensos e por isso despendiam de muito tempo na sua recolha.

Outra limitação deste projeto, é o facto do *stock* de matéria-prima dizer respeito aos três projetos, não existindo forma de apenas contabilizar a matéria-prima correspondente ao SG145.

No futuro, espera-se construir o *Safety Stream Mapping* (Gonçalves et al. 2019) de maneira a ter em conta melhorias relacionadas com a segurança dos trabalhadores no processo de corte.

Devido à instabilidade das encomendas, por serem de fornecedores de fora do país e por a empresa querer crescer exponencialmente, não foi possível aplicar melhorias para a redução de inventário, contudo, no futuro quando o processo estiver mais estável, acredita-

se que o inventário irá diminuir e o armazém de matéria-prima bem como a tenda ficará muito mais organizada.

Um dos próximos objetivos passa por estender algumas das melhorias referidas ao longo da dissertação em outros projetos (e.g., SG 155 e SG 170) idênticos.





---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of high impact lean production tools in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97, 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J., & Korde, V. (2018). Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7668–7677.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.442>
- Dombrowski, U., & Mielke, T. (2013). Lean Leadership - Fundamental principles and their application. *Procedia CIRP*, 7, 569–574. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.034>
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), 24–46.  
<https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- Exertus. (2003). Manual Pedagógico PRONACI Métodos e Tempos. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Goetsch, D. L., & Davis, S. (2016). *Quality Management For Organizational Excellence: Introduction to Total Quality NJ: Printice Hall International, Inc.*
- Gonçalves, I., Sá, J. C., Santos, G., & Gonçalves, M. (2019). Safety stream mapping—a new tool applied to the textile company as a case study. *Studies in Systems, Decision and Control*, 202, 71–79. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14730-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14730-3_8)
- Gorenflo, G., & Jonh, M. (2009). The ABCS of CFD. *Hydrocarbon Engineering*, 14(7), 30–38.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*, 17(1), 46–64.  
<https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Ishak, F. A., Johari, M. K., & Dolah, R. (2018). A case study of LEAN application for shortest lead time in composite repair shop. *International Journal of Engineering and*

- Technology(UAE)*, 7(4), 112–119. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.13.21341>
- Kale, S. V., & Parikh, R. H. (2019). Lean implementation in a manufacturing industry through value stream mapping. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6 Special issue), 908–913. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F1172.0886S19>
- Khaswala, Z., & Irani, S. (2001). Value Network Mapping ( VNM ): Visualization and Analysis of. *Proceedings of the Lean Management Solutions Conference, St. Louis*, 614.
- Kilpatrick, J. (2003). Lean Principles. *Organizational Change through Lean Methodologies*, 85–92. <https://doi.org/10.4324/9781003043324-10>
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708–1720. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- Lummus, R. R., Vokurka, R. J., & Rodeghiero, B. (2006). Improving quality through value stream mapping: A case study of a physician’s clinic. *Total Quality Management and Business Excellence*, 17(8), 1063–1075. <https://doi.org/10.1080/14783360600748091>
- Maalouf, M. M., & Zaduminska, M. (2019). A case study of vsm and smed in the food processing industry. *Management and Production Engineering Review*, 10(2), 60–68. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.129569>
- 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>
- Mohan Prasad, M., Dhiyaneswari, J. M., Ridzwanul Jamaan, J., Mythreyan, S., & Sutharsan, S. M. (2020). A framework for lean manufacturing implementation in Indian textile industry. *Materials Today: Proceedings*, 33, 2986–2995. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.979>
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2008). *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes* (1st ed.). Productivity Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780429294631>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–

1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rose, A. N. M., Mohamed, N. M. Z. N., Ab Rashid, M. F. F., Noor, H. M., & Mohd, A. (2020). Improving productivity through value stream mapping (VSM): A case study at electrical & electronic company. *Journal of Physics: Conference Series*, 1532(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1532/1/012005>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA by Mike Rother, John Shook, Jim Womack, Dan Jones*.
- Saundres, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). Research Methods for Business Students. In *Qualitative Market Research: An International Journal* (Vol. 3, Issue 4).  
<https://doi.org/10.1108/qmr.2000.3.4.215.2>
- Saurin, T. A., Ribeiro, J. L. D., & Vidor, G. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(3), 358–366.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.04.001>
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). Value Stream Management for the Lean Office. In *Value Stream Management for the Lean Office*. <https://doi.org/10.1201/b16934>
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2014). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>
- Vaz, S., & Saraiva, A. (2020). *Métodos e Tempos*.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Womack, James P, and Daniel T. Jones. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Free Press, 2003.*



# ANEXO A

The image displays three screenshots of a software interface, likely a CAD or BIM application, showing placement information for different components. Each screenshot includes a table of data and a comment box.

**Screenshot 1: Informações de colocação**

<b>Nome da colocação</b>	SG145_BX45_2540_150_PS_M01	<b>Número de peças</b>	53
<b>Acondicionamento</b>	Simple_Ply	<b>Perímetro</b>	725.967 m
<b>Código</b>		<b>Comprimento</b>	149.872 m
<b>Tipo tecido</b>	1	<b>Largura</b>	2.540 m
<b>Criado em</b>	2021-03-01 8:20:50 AM	<b>Comentário</b>	Marcada 1 com a fibra BX45 para o componente Shell PS
<b>Modificado em</b>	2021-03-12 6:24:10 PM		

**Screenshot 2: Informações de colocação**

<b>Nome da colocação</b>	SG145_BX45_2540_150_PS_M02	<b>Número de peças</b>	50
<b>Acondicionamento</b>	Simple_Ply	<b>Perímetro</b>	945.930 m
<b>Código</b>		<b>Comprimento</b>	148.181 m
<b>Tipo tecido</b>	1	<b>Largura</b>	2.540 m
<b>Criado em</b>	2021-03-01 8:20:50 AM	<b>Comentário</b>	Marcada 2 com a fibra BX45 para o
<b>Modificado em</b>	2021-03-12 7:18:53 PM		

**Screenshot 3: Informações de colocação**

<b>Nome da colocação</b>	SG145_BX45_2540_150_PS_M03	<b>Número de peças</b>	56
<b>Acondicionamento</b>	Simple_Ply	<b>Perímetro</b>	734.642 m
<b>Código</b>		<b>Comprimento</b>	132.320 m
<b>Tipo tecido</b>	1	<b>Largura</b>	2.540 m
<b>Criado em</b>	2021-03-01 8:20:50 AM	<b>Comentário</b>	Marcada 3 com a fibra BX45 para o
<b>Modificado em</b>	2021-03-12 7:56:27 PM		

**Tooltip: Info. Peça**

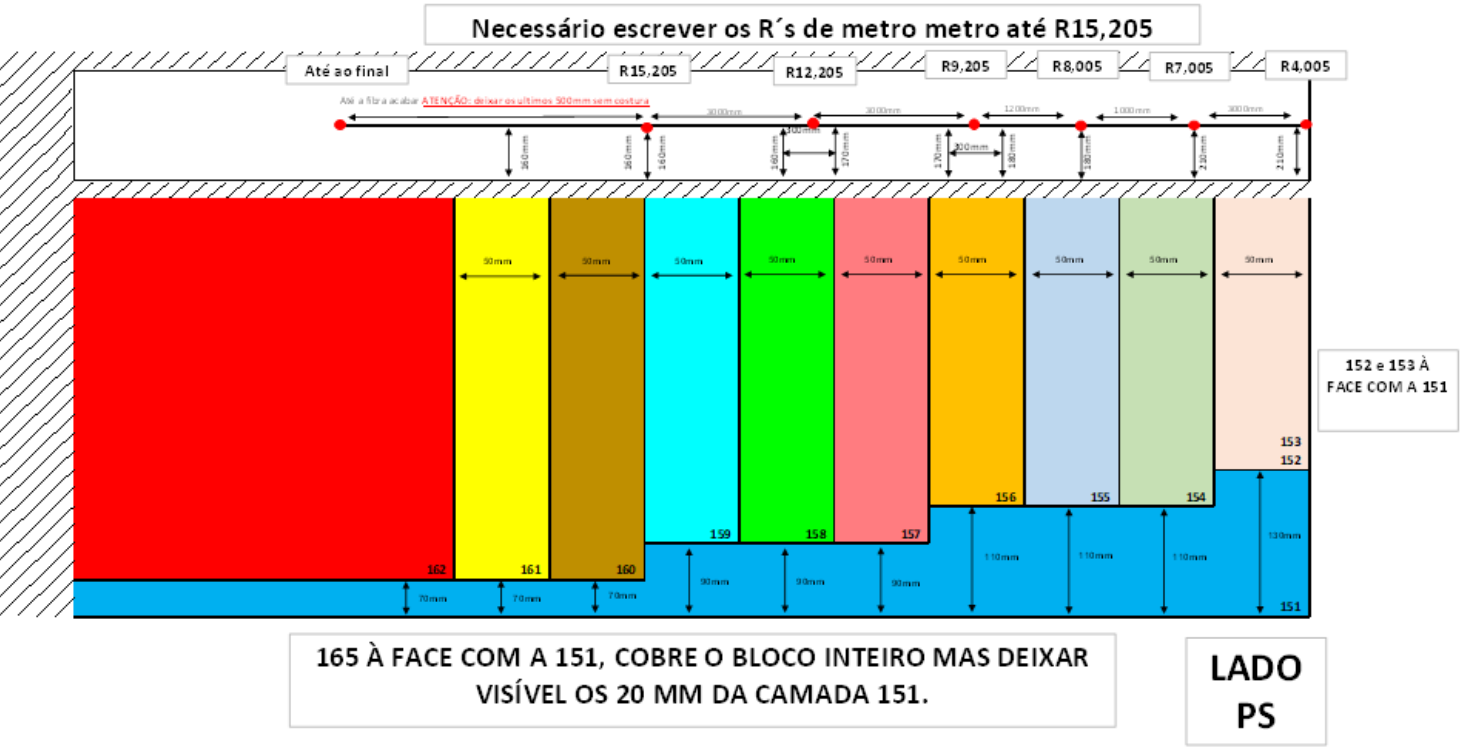
Id Peça: 54  
Nome Peça: SG145\_BX45\_PS\_130\_27  
Nome Variante: SG145\_BX45\_PS\_V2  
Nome do Modelo:  
Tamanho: ##

## ANEXO B

Índice	Molde	Fibra	"PROCV"	Projecto	Marcada	Camadas	Outros	Metros corte /camada	Papel perfurado	Nº peças total	Nº peças Marcada	Tempo Previsto	Comentários	Peso camada
1	Roots V2	TX 0º	145_R01	SG145	TX 0º ROOT_M01	6	23 MTS (usar sobras)	23	SIM	84	14	35	GP253327 VIDRO TX 1200 0º 1270MM 180ML C6"	70
2	Roots V2	TX 90º	145_R02	SG145	TX 90º ROOT_M01		146 MTS	146	SIM	312	52	85	GP253328-009 VIDRO TX 1200 90º 50 2540MM 150ML C6"	445
3	Roots V2	TX 90º	145_R03	SG145	TX 90º ROOT_M02		32 MTS (Usar sobras 1270MM)	32	SIM	84	14	40	GP253328-009 VIDRO TX 1200 90º 50 1270MM 180ML C3"	98
4	Roots V2	UD 90º	145_R04	SG145	UD90 Root_2540_M01		80 MTS	80	SIM	168	28	60	GP478880 VIDRO UD 1200 90º 2540MM 80ML C6"	244
5	Roots V2	BX45	145_R05	SG145	BX45 ROOT_M01		10 MTS (usar sobras)	10	SIM	42	7	15	GP253326-004 VIDRO BX 800 2540MM 150ML C6"	20
6	Shell SS	BX45	145V2_01	SG145	BX45_2540_150 SS_M01	6	150MTS	150	SIM	384	64	75	GP253326-004 VIDRO BX 800 2540MM 150ML C6"	305
7	Shell SS	BX45	145V2_02	SG145	BX45_2540_150 SS_M02		150MTS	150	SIM	216	36	85	GP253326-004 VIDRO BX 800 2540MM 150ML C6"	305
8	Shell SS	BX45	145V2_03	SG145	BX45_2540_150 SS_M03		139MTS dois lados	139	SIM	294	49	80	GP253326-004 VIDRO BX 800 2540MM 150ML C6"	282
9	Shell SS	BX45	145V2_04	SG145	BX45_2540_150 SS_04_BC		76MTS dois lados peças de costura (cortar invertida)	76	SIM	138	23	105	GP253326-004 VIDRO BX 800 2540MM 150ML C6"	154
10	Shell SS	TX 0º	145V2_05	SG145	TX0 SS	6	176MTS (cortar com UD p/ cima)	176	SIM	516	86	110	GP253327 VIDRO TX 1200 0º 1270MM 180ML C6"	536

# ANEXO C

## SGRE 170 TEBC - ESQUEMA DE COSTURA

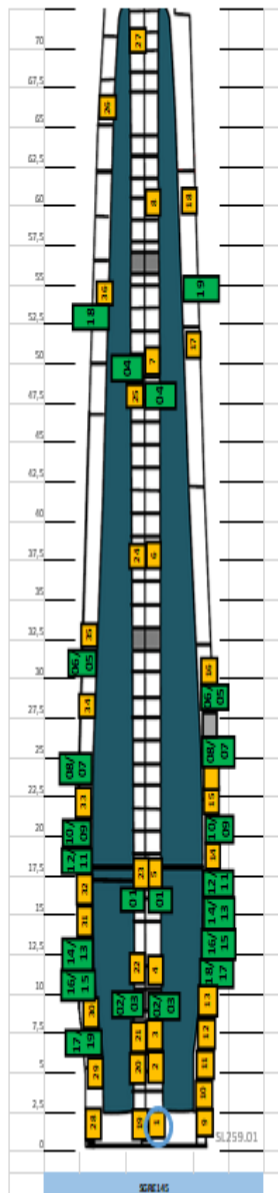


# ANEXO D

**MAIN SHELL SGRE 145 PS**  
Carro 1- PSLE2,5

sap	nomenclatura	qtd	carro
GP523686	SG145_TX90_PS_8	1	1
GP523642	SG145_TX0_PS_9	1	1
GP523687	SG145_TX90_PS_10	1	1
GP523382	SG145_UD_PS_11_1	1	1
GP523383	SG145_UD_PS_11_2	1	1
GP523688	SG145_TX90_PS_12	1	1
GP523689	SG145_TX90_PS_13	1	1
GP523386	SG145_UD_PS_14_1	1	1
GP523367	SG145_UD_PS_14_2	1	1
GP523690	SG145_TX90_PS_15	1	1
GP523643	SG145_TX0_PS_16	1	1
GP523691	SG145_TX90_PS_17	1	1
GP523370	SG145_UD_PS_18_1	1	1
GP523371	SG145_UD_PS_18_2	1	1
GP523692	SG145_TX90_PS_19	1	1
GP523693	SG145_TX90_PS_20	1	1
GP523374	SG145_UD_PS_21_1	1	1
GP523375	SG145_UD_PS_21_2	1	1
GP523611	SG145_TX90_PS_104	1	1
GP523656	SG145_TX0_PS_105	1	1
GP523620	SG145_TX90_PS_113	1	1
GP523657	SG145_TX0_PS_114	1	1
GP523624	SG145_TX90_PS_115_4	1	1
GP523625	SG145_TX90_PS_118	1	1
GP523631	SG145_TX90_PS_122	1	1
GP523658	SG145_TX0_PS_123	1	1

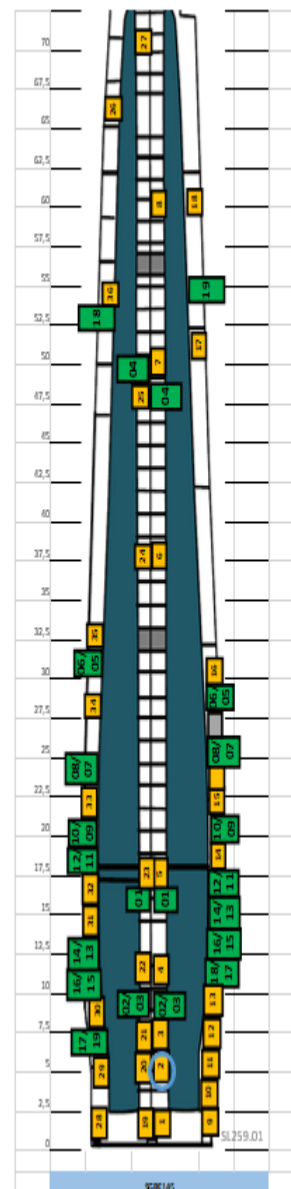
Número Total de rolos 26



**MAIN SHELL SGRE 145 PS**  
Carro 2- PSLE4,5

sap	nomenclatura	qtd	carro
GP523254	SG145_BX45_PS_1	1	2
GP523256	SG145_BX45_PS_3_1	1	2
GP523358	SG145_UD_PS_7_1	1	2
GP523359	SG145_UD_PS_7_2	1	2
GP523399	SG145_UD_PS_29_1	1	2
GP523404	SG145_UD_PS_30_1	1	2
GP523405	SG145_UD_PS_30_2	1	2
GP523409	SG145_UD_PS_32_1	1	2
GP523410	SG145_UD_PS_32_2	1	2
GP523414	SG145_UD_PS_33_1	1	2
GP523415	SG145_UD_PS_33_2	1	2
GP523419	SG145_UD_PS_35_1	1	2
GP523420	SG145_UD_PS_35_2	1	2
GP523424	SG145_UD_PS_36_1	1	2
GP523425	SG145_UD_PS_36_2	1	2
GP523429	SG145_UD_PS_38_1	1	2
GP523430	SG145_UD_PS_38_2	1	2
GP523434	SG145_UD_PS_39_1	1	2
GP523435	SG145_UD_PS_39_2	1	2
GP523517	SG145_UD_PS_100_1	1	2
GP523518	SG145_UD_PS_100_2	1	2
GP523522	SG145_UD_PS_102_1	1	2
GP523523	SG145_UD_PS_102_2	1	2
GP523527	SG145_UD_PS_103_1	1	2
GP523528	SG145_UD_PS_103_2	1	2
GP523532	SG145_UD_PS_107_1	1	2
GP523533	SG145_UD_PS_107_2	1	2
GP523537	SG145_UD_PS_108_1	1	2
GP523538	SG145_UD_PS_108_2	1	2
GP523622	SG145_TX90_PS_115_2	1	2
GP523623	SG145_TX90_PS_115_3	1	2

Número Total de rolos 30





## APÊNDICE A

### LEGENDA:

Esforço 0-4  
Impacto 0-4

		COORDENADOR		SUPERVISOR 1		SUPERVISOR 2		INVESTIGADOR		MÉDIA	
		ESFORÇO	IMPACTO	ESFORÇO	IMPACTO	ESFORÇO	IMPACTO	ESFORÇO	IMPACTO	ESFORÇO	IMPACTO
M1	Imprimir muitas identificações	0	1	0	1	0	1	0	1	0,00	1,00
M2	Comprar uma impressora para colocar na mesa das preparações	2	3	2	2	3	3	4	2	2,75	2,50
M3	Adquirir um suporte para a pistola	2	2	2	3	1	3	2	3	1,75	2,75
M4	Comprar grampos para prender os rolos	1	3	1	3	0	4	1	3	0,75	3,25
M5	Trocar os tubos de plástico por tubos de cartão	1	3	2	3	0	3	2	3	1,25	3,00
M6	Alterar a da cor das etiquetas	0	4	0	4	0	4	0	3	0,00	3,75
M7	Colocar uma rede para prender plástico vermelho	4	2	3	1	2	2	3	2	3,00	1,75
M8	Criar kit e operação para a costura	2	4	1	4	3	4	3	4	2,25	4,00
M9	Utilizar fita cola para enrolar peças mais pequenas em vez de tubos de cartão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M10	Trocar cor da linha de costura	1	3	1	4	1	2	1	3	1,00	3,00
M11	Adquirir uma mesa maior para a tarefa da costura	2	4	4	4	2	4	2	4	2,50	4,00
M12	Cortar peças compridas a direito na oteman e wondermatric	3	4	3	4	2	4	3	4	2,75	4,00
M13	Utilizar um tubo para enrolar plástico vermelho	0	1	0	0	0	2	0	2	0,00	1,25
M14	Alterar layout carros	3	3	3	4	2	3	3	4	2,75	3,50
M15	5S mesa dos supervisores e coordenador	1	3	1	3	3	2	2	3	1,75	2,75
M16	Fazer desenho para simplificar preparação da costura do projeto 145	1	3	1	3	1	4	1	3	1,00	3,25
M17	Adquirir 2 carros de abastecimento	2	4	3	4	1	4	2	4	2,00	4,00
M18	Testar os marcadores de maior duração	1	2	1	3	0	1	1	3	0,75	2,25
M19	5S mesa das preparações	1	2	1	3	0	3	1	3	0,75	2,75
M20	5S carro azul	1	2	1	3	0	3	2	3	1,00	2,75
M21	Alteração sentido de enrolamento das peças	2	4	3	4	2	4	2	4	2,25	4,00
M22	Criar uma ajuda visual (para colocarem as fibras de forma correta)	1	3	1	3	1	4	1	3	1,00	3,25
M23	Reorganizar o armazém matéria-prima, organizar e adquirir uma tenda	3	4	3	4	0	4	4	4	2,50	4,00
M24	Criar <i>kanban</i> costura	2	4	2	4	1	4	2	4	1,75	4,00

## APÊNDICE B

### AJUDA VISUAL DAS FIBRAS



Serviço: Corte

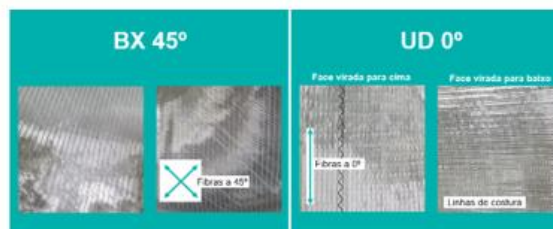
Responsável: Supervisores

### AJUDA VISUAL DAS FIBRAS



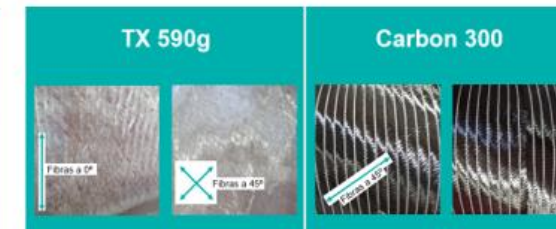
Serviço: Corte

Responsável: Supervisores



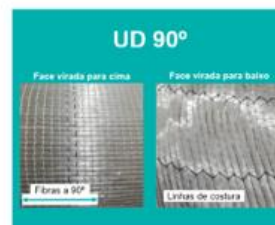
Serviço: Corte

Responsável: Supervisores



Serviço: Corte

Responsável: Supervisores

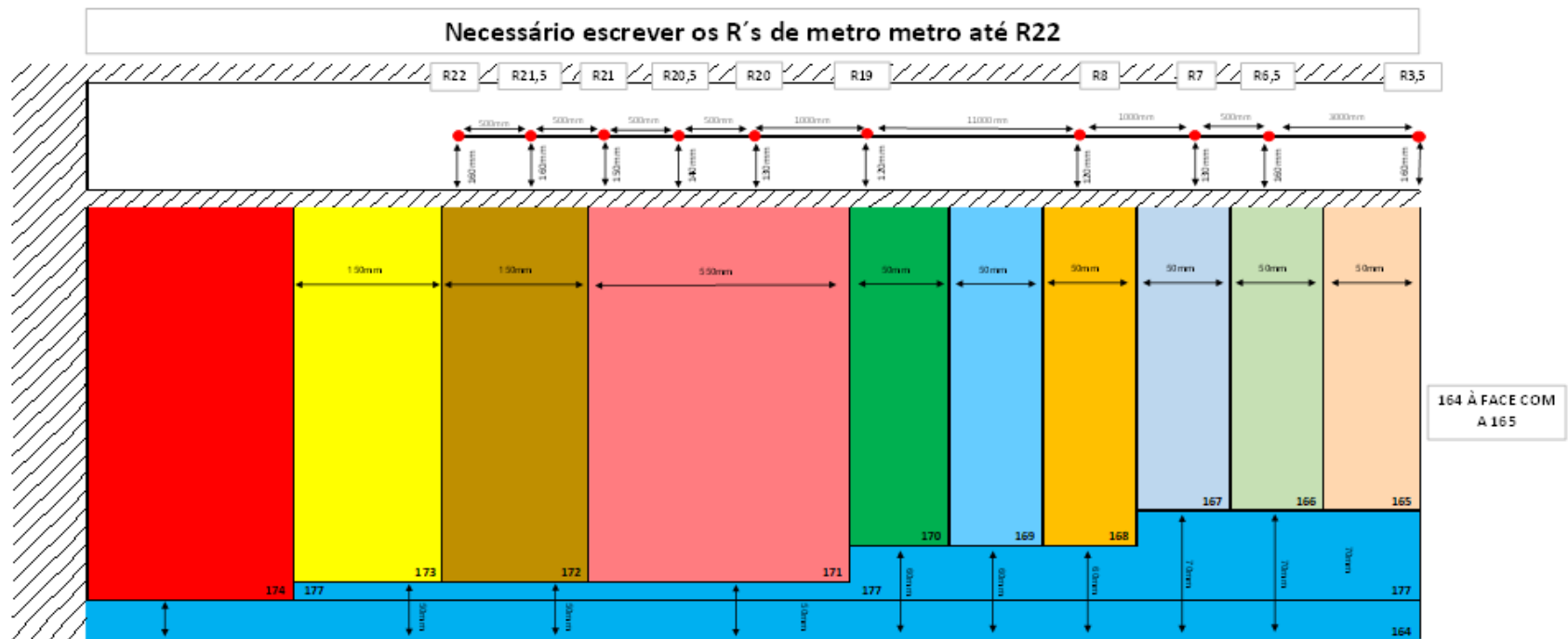


Serviço: Corte

Responsável: Supervisores

## APÊNDICE C

### SGRE 145 TEBC - ESQUEMA DE COSTURA



177 À FACE COM A 164 E COBRE O BLOCO  
MAS DEIXE VISÍVEL OS 30 MM DA CAMADA 164.