

# OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE CORTE DE CHAPA A LASER NA SERMEC LASER

Marcus Vinícius Campos Torres



Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2014



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Mecânica

Candidato: Marcus Vinícius Campos Torres, N° 1100036, 1100036@isep.ipp.pt

Orientação científica: João Bastos, jab@isep.ipp.pt

Empresa: Sermec II – Indústria, Comércio e Serviços SA



Mestrado em Engenharia Mecânica  
Área de Especialização de Gestão Industrial  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
26 de fevereiro de 2014



Este trabalho é dedicado principalmente à minha mãe. Sem esquecer toda família, namorada e amigos por todo apoio fornecido no decorrer da minha formação, só assim foi possível chegar a este ponto...



## *Agradecimentos*

Durante este projeto, muitos foram os que proporcionaram o desenvolvimento da investigação. A todos os envolvidos neste processo, os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço à Sermec II – Indústria, Comércio e Serviços, SA, na pessoa do Sr. Mario Duarte pela disponibilidade e recepção nas suas instalações para a realização do meu estágio, sem esquecer outras duas pessoas muito importantes durante este processo, os Srs. Mário e André Duarte. Sem esquecer também de toda a equipa da Sermec II e Sermec Laser que participaram ativamente neste trabalho, principalmente pela paciência e disponibilização do seu tempo e conhecimentos. Um agradecimento especial aos meus colegas Manuel, Miguel, Pedro e Vitor que tanto contribuíram para este trabalho.

Por sua vez, agradeço também todo o apoio recebido pelo meu orientador deste estudo, Eng.º João Bastos, pelo apoio, incentivo e disponibilidade em todos os momentos. Por fim, sem esquecer a minha família e amigos e todos os que direta e indiretamente me ajudaram no projecto e a quem não foi mencionado aqui o meu agradecimento,

Um muito obrigado.



## *Resumo*

O presente trabalho visa apresentar a temática da otimização da produção de corte laser numa empresa do ramo da indústria metalomecânica, denominada Sermec Laser e situada no concelho da Maia no Distrito do Porto.

Para alcançar este objetivo foi necessário conhecer o funcionamento atual do processo, como por exemplo, os seus intervenientes, as taxas de ocupação do equipamento de corte a laser e os procedimentos. Só depois de ser explorada essa vertente será possível desenvolver um plano com vista a melhorar esse processo.

Este projeto espera criar um plano de melhoria que será testado e, quando for validado, será implementado. As melhorias propostas por este plano passam pelo aumento da eficiência do processo de corte a laser e a alteração de parte do layout da empresa de forma a facilitar e agilizar este mesmo processo.

O objetivo final será acrescentar mais valor ao processo, reduzindo os seus desperdícios. Com esta melhoria a empresa ficará a ganhar, pois irá produzir de forma mais ajustada às suas necessidades.

### *Palavras-Chave*

Indústria Metalomecânica, Corte Laser, Otimização da produção, Valor, Redução de Desperdícios, Eficiência e Layout.



## *Abstract*

This study pretends to presents the theme of optimization of laser cutting from a company of the metal industry. This company named Sermec Laser is located in Maia in the district of Porto.

To achieve this goal it was necessary to know the current functioning of the process, for example, their interveners, their occupancy rates of laser cutting equipment and procedures.

This project hopes to create an improvement plan that will be tested and, when validated, will be implemented. The improvements proposed by this plan involve increasing the efficiency of the process of laser cutting and changing the layout of the company in order to facilitate and make it a faster process.

The ultimate goal will be to add more value to the process by reducing their waste. With this improvement the company will be winning at the end because it will produce more adjusted to their needs.

### ***Keywords***

Metalworking Industry, Laser Cutting, Production Optimization, Value, Waste Reduction, Efficiency and Layout.

## *Résumé*

Le présent travail vise à présenter l'objet d'une optimisation de découpe de production laser, une société de l'industrie métallurgique, nommé Sermec et situé dans la municipalité de Maia dans le District de Porto.

Pour atteindre cet objectif, il était nécessaire de connaître le fonctionnement actuel du processus, comme pour l'exemple, l'intervenants, le taux d'occupation des procédures et l'équipement de coupe au laser. Seulement après avoir exploité ce volet sera possible d'élaborer un plan pour améliorer ce processus.

Ce projet vise à créer un plan d'amélioration qui est mis à l'essai et, lorsqu'il est validé, il s'appliquera. Les améliorations proposées par ce plan passent par l'augmentation de l'efficacité du processus de découpe au laser et la modification d'une partie de la disposition de l'entreprise afin de faciliter et d'accélérer ce processus.

Le but ultime est d'ajouter plus de valeur au processus, de réduire leurs déchets. Avec cette amélioration, l'entreprise va gagner parce qu'il produira le plus adapté à vos besoins.

### *Mots-clés*

Industrie Métallurgique, Découpe Laser, Optimisation de la production, Valeur, Réduction des Déchets, Efficacité et la mise en page.

# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
1.1. MOTIVAÇÃO .....	2
1.2. ÂMBITO .....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. O PROBLEMA E RESULTADOS ESPERADOS .....	3
1.5. METODOLOGIA E PLANEAMENTO.....	4
1.6. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....	6
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
2.1. INTRODUÇÃO AO <i>LEAN THINKING</i> .....	7
2.2. MÉTODO KAIZEN (CONCEITO DE MELHORIA CONTÍNUA) .....	11
2.3. VALUE STREAM MAPPING (VSM) .....	20
2.4. <i>OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS (OEE)</i> .....	24
2.5. MÉTODO 5S .....	27
<b>3. CASO DE ESTUDO – SERMEC LASER</b> .....	<b>35</b>
3.1. CARCTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	35
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO E DO PROCESSO.....	43
3.3. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PROBLEMA .....	47
<b>4. PROPOSTA DE MELHORIA</b> .....	<b>56</b>
4.1. BAIXA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE CORTE A LASER .....	56
4.2. REORGANIZAÇÃO DO LAYOUT DA SERMEC LASER.....	64
4.3. ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE MOVIMENTAÇÃO DE CHAPAS PARA O PROCESSO DE CORTE A LASER E DE PEÇAS FINALIZADAS.....	74
<b>5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>76</b>

<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO A. TABELA DE BICOS DE CORTE .....</b>	<b>80</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Metodologia aplicada para este projeto .....	5
Tabela 1 – Calendarização do projeto .....	5
Figura 2 – Organização do documento.....	6
Figura 3 – Exemplos de grupos de pessoas que representam os <i>stakeholders</i> .....	9
Figura 4 – Origens dos desperdícios (5M+Q+S) .....	10
Figura 5 – Os sete desperdícios [2] .....	11
Figura 6 – Ciclo PDCA [5] .....	12
Figura 7 – Explicação da comunicação Hourensou .....	14
Figura 8 – Aplicação do método 5W .....	16
Figura 9 – Exemplo de um kanban [6].....	17
Figura 10 – Quadro de ferramentas baseado na gestão visual [7].....	18
Figura 11 – Exemplo de marcações no chão de fábrica [8] .....	18
Figura 12 – Exemplo de um quadro andon [9, 10].....	19
Figura 13 – Exemplo de um VSM [9].....	21
Figura 14 – Exemplos de símbolos utilizados na construção de um VSM .....	21
Figura 15 – Exemplo de construção de um VSM [11].....	22
Figura 16 – Exemplo de um software de cálculo do OEE [12].....	26
Figura 17 – O conceito dos 5S .....	27
Figura 18 – Exemplo de aplicação do primeiro passo dos 5S [13] .....	29
Figura 19 – Exemplos de medidas tomadas no segundo passo de implementação dos 5S [13] adapt. .....	30
Figura 20 – Proteção contra a poeira em estantes de peças ou ferramentas [13] .....	32
Figura 21 – Quadro de informações de uma empresa [13] .....	32
Figura 22 – Instalações da Sermec II .....	36
Figura 23 – Instalações da Sermec Laser .....	37
Figura 24 - Localização das instalações da Sermec Laser .....	37
Figura 25 - Equipamento para corte por laser utilizado na Sermec Laser.....	39
Figura 26 – Exemplos de peças cortados pela Platino 1530 .....	39
Figura 27 - Equipamento de oxicorte da Sermec Laser .....	40
Figura 28 - Equipamento de corte por jato de água .....	40
Figura 29 – Layout da Sermec Laser .....	41
Figura 30 – Layout armazém 1 .....	42
Figura 31 – Layout do pavilhão 2 .....	42
Figura 32 – Máquina de corte a laser Platino 1530.....	43

Figura 33 – VSM do corte a laser na Sermec Laser .....	44
Figura 34 – Fluxograma o processo de corte a laser .....	46
Figura 35 – Movimentações necessárias para o processo de corte a laser .....	47
Figura 36 – Relatório de corte criado pelo Sicam .....	48
Figura 37 – Folha de cálculo utilizada para calcular o OEE .....	50
Figura 38 – Situação da arrumação dos retalhos antes da intervenção da proposta de melhoria .....	53
Figura 39 – Situação encontrada no armazém 2 antes desta proposta de melhoria.....	53
Figura 40 – Trajeto utilizado para movimentar as chapas até a máquina de corte a laser.....	54
Tabela 4 – Resumo dos problemas identificados por esta análise.....	55
Figura 41 – Comparação entre o processo atual de corte a laser e o processo proposto no plano de melhoria.....	57
Figura 42 – Fluxograma explicativo do programa de planeamento da produção.....	59
Figura 43 – Programa de planeamento da produção desenvolvido .....	59
Figura 44 – Janela para configurar opções do programa.....	60
Figura 45 – Definição do prazo de entrega das encomendas .....	60
Figura 46 – Janela de apresentação das chapas produzidas.....	61
Figura 47 – Alerta de fim do prazo de entrega.....	61
Figura 48 – Edição de valores de uma encomenda já lançada no programa .....	62
Figura 49 – Opção de lançar a produção em qualquer momento .....	62
Tabela 5 – Validação do programa de planeamento da produção .....	63
Tabela 6 – Comparação entre os custos de produção para as duas situações em estudo .....	64
Figura 50 – Acumulação de ordens de produção junto ao posto de trabalho de corte a laser .....	65
Figura 51 – Zonas para retalhos de chapas.....	66
Figura 52 – Paletes para armazenar retalhos de chapa .....	66
Figura 53 – Comparação entre o antes e o depois das alterações efetuadas.....	68
Figura 54 – Arquivador de ordens de produção .....	69
Figura 55 – Afixação da tabela com os bicos de corte a utilizar no processo de corte a laser .....	70
Figura 56 – Antes e depois da arrumação de retalhos de chapa no armazém 2 .....	72
Figura 57 – Antes e depois da organização dos lotes de chapas .....	72
Figura 58 – Suporte de lotes de chapas inteiras .....	73
Figura 59 – Localização dos suportes de lotes de chapas no armazém 2 .....	73
Figura 60 – Carrinho para movimentação de chapas .....	74
Figura 61 – Procedimento para a movimentação de chapa entre os dois armazéns .....	75
Figura 62 – Carrinhos de movimentação de peças acabadas.....	75

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 – Calendarização do projeto .....	5
Tabela 2 - Exemplo de comunicação segundo o método hourensou [2] adapt. ....	14
Tabela 3 – Resultados obtidos no OEE.....	51
Tabela 4 – Resumo dos problemas identificados por esta análise.....	55
Tabela 5 – Validação do programa de planeamento da produção.....	63
Tabela 6 – Comparação entre os custos de produção para as duas situações em estudo .....	64



## *Acrónimos*

*SCM – Supply Chain Management*

*GM – General Motors*

*TPS – Toyota Production System*

*7W – Seven wastes*

*PDCA – Plan, do, check e Act*

*5W – Five whys*

*VSM – Value Stream Mapping*

*C/T – Tempo de ciclo*

*CO – Changeover time*

*CT – Centro de trabalho*

*OEE- Overall Equipment Effectiveness*

*KPIS – Key performance indicators*

*5S – Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke*

# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório é realizada uma breve aproximação ao problema, indicando a motivação para este estudo, o âmbito do trabalho, os objetivos propostos, o problema e os resultados esperados, a metodologia e o planeamento do projeto e, finalmente, a organização do documento.

## 1.1. MOTIVAÇÃO

A elaboração deste projeto surge com a vontade da empresa em manter-se atualizada com as necessidades dos seus clientes, cumprindo com as expectativas dos mesmos. Para isto, a empresa procura adotar práticas e estratégias para melhorar os seus processos, mantendo a competitividade com o mercado onde está inserido. A utilização de ferramentas *Lean* tem se apresentado como uma forte aliada às empresas em busca da melhoria contínua e da resolução de problemas identificados nos procedimentos das mesmas. Cada vez mais estas ferramentas estão a ser utilizadas em diversas empresas e com resultados comprovados no aumento do desempenho e na capacidade de organização das mesmas. Estes fatores cativaram a Sermec Laser de forma a utilizarem estas ferramentas para a resolução de problemas.

## **1.2. ÂMBITO**

Este trabalho tem o propósito de representar um projeto de dissertação inserido no Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Esta dissertação insere-se no campo da Análise e Otimização do Processo, mais propriamente em ambiente industrial numa empresa do ramo de tecnologia metalomecânica.

## **1.3. OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho passa pela elaboração de um plano capaz de atingir a melhoria de processos e atividades de um processo de produção, mais propriamente um processo de corte de chapas a laser na empresa Sermec Laser. Os benefícios que são esperados com este estudo e posterior fase de implementação passam pelo aumento da eficiência do equipamento de corte a laser, a redução dos tempos associados aos processos, bem como a criação de um ambiente de trabalho mais organizado e fácil de trabalhar, reduzindo os desperdícios. Para serem atingidos estes objetivos será necessário identificar os problemas, juntamente com as oportunidades de melhoria.

Finalmente, é também objetivo deste trabalho inculcar uma mentalidade de melhoria contínua nos responsáveis pelo processo em estudo através da possibilidade de continuação deste plano de melhorias.

## **1.4. O PROBLEMA E RESULTADOS ESPERADOS**

A realização deste estudo surgiu através da verificação de uma série de medições com vista a avaliar a eficiência, a qualidade e a disponibilidade do equipamento de corte a laser. Os resultados obtidos apresentaram valores bastantes baixos para a eficiência da máquina, sendo este fator responsável pela decisão de iniciar um estudo de proposta de melhoria para o processo atual onde este equipamento está inserido.

Em primeiro lugar, este estudo espera aproximar toda a organização para promover o diálogo entre todas as pessoas envolvidas no processo. Desta forma, espera-se que todos os colaboradores fiquem a conhecer a filosofia *Lean* e as suas ferramentas, só assim eles poderão ser responsáveis pela sua implementação nos seus postos de trabalho. Pretende-se assim, que todos os colaboradores envolvidos neste processo se sintam motivados e orgulhosos pela melhoria alcançada.

Além deste objetivo, espera-se cumprir com as metas propostas no ponto 1.3 quanto ao aumento da eficiência do equipamento do corte a laser, a diminuição de desperdícios, incutir a filosofia de melhoria contínua e a implementação de regras de trabalho que facilitem e diminuam os tempos de processo.

## **1.5. METODOLOGIA E PLANEAMENTO**

Este trabalho encontra-se dividido em duas grandes fases. A primeira prende-se com o trabalho de investigação que se achou necessário para a realização deste estudo, ou seja, nesta parte encontra-se o estudo teórico das técnicas e ferramentas que serão utilizadas. A segunda fase deste trabalho apresenta a realização do mesmo em ambiente fabril. Nesta fase é apresentado o caso de estudo (a empresa Sermec Laser), bem como o plano de melhoria proposto e, finalmente, as conclusões retiradas deste estudo e a possibilidade de estudos futuros. O fluxograma que se segue (ver figura 1) apresenta um resumo da metodologia aplicada.



**Figura 1 – Metodologia aplicada para este projeto**

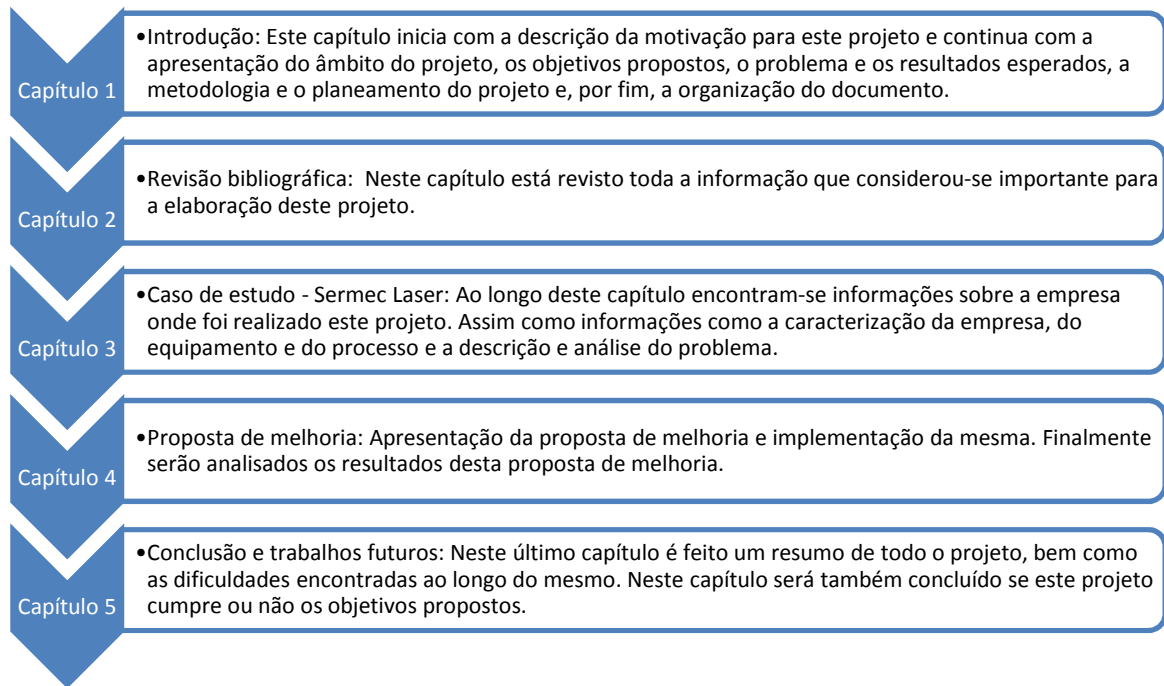
Foi realizado um planeamento calendarizado para a elaboração deste estudo. Desta forma foi possível acompanhar o desenvolvimento deste projeto e avaliar o seu cumprimento ao nível do horizonte temporal para o qual foi proposto. Este planeamento encontra-se apresentado na tabela 1.

**Tabela 1 – Calendarização do projeto**

Descrição da etapa	Pessoas envolvidas					Mês (Março até Outubro)							
	Marcus	Manuel	Miguel	Pedro	Vitor	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Início do projeto</b>													
<b>Análise do processo</b>													
<b>Análise da eficiência do processo</b>													
<b>Proposta de melhoria</b>													
<b>Implementação da proposta de melhoria</b>													
<b>Avaliação das melhorias</b>													
<b>Elaboração do relatório</b>													

## 1.6. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos que serão apresentados de seguida (ver figura 2).



**Figura 2 – Organização do documento**

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo deste capítulo é apresentado um estudo teórico sobre todos os conceitos, práticas e ferramentas de análise e melhoria de processo que foram utilizados no decorrer do trabalho, mais propriamente as ferramentas e práticas da filosofia *Lean*.

### 2.1. INTRODUÇÃO AO *LEAN THINKING*

A filosofia Lean tem as suas raízes no sistema de produção da Toyota, criado por Taiichi Ohno em 1988 e seus pares a partir dos anos 1940, e inicialmente foi aplicada no setor da indústria automóvel. Apenas durante os anos de 1990 esta filosofia, e com todas as alterações sofridas até a data ficou conhecida por *Lean Thinking*. Além deste sistema de produção desenvolvido pela Toyota, outras correntes de gestão tiveram influência no desenvolvimento do pensamento *Lean*. São elas a gestão da cadeia de fornecimento (SCM, *supply chain management*) e o serviço ao cliente (*customer service*).

O sucesso deste método está comprovado nos resultados obtidos pela Toyota ao longo dos anos. A marca é conhecida mundialmente pela sua qualidade de construção, fiabilidade, um volume de vendas consistente ao longo de cada ano, a alta produtividade, entre outros. Em 2007 a Toyota foi considerada a maior construtora de automóveis, destronando da primeira

posição a *General Motors* (GM) que, desde 1930 era classificada com a maior empresa do setor.

O desenvolvimento original da filosofia Lean surgiu com a escassez de recursos que era sentida no Japão e que, por sua vez, o Ocidente ainda não tinha sentido até a década de 70. Esta escassez obrigou os japoneses a aprenderem a gerir de forma mais eficiente os recursos de forma a limitar o crescimento dos seus custos. Este fator aliado ao tamanho reduzido do país e da sua elevada densidade populacional levou ao aumento do esforço no que diz respeito ao aproveitamento dos meios e de se evitar desperdício em termos de materiais, energia e espaço.

Para fazer face a estas dificuldades, a Toyota procurou apresentar automóveis que oferecessem a maior variedade e qualidade a baixo custo. Para isso desenvolveu um sistema de fabrico totalmente novo, esse novo processo ficou conhecido como TPS. Este método visa eliminar metodicamente o desperdício (*muda*) e orienta a sua atenção para a satisfação do cliente.

Nos anos 90 o TPS deu lugar ao conceito *Lean Thinking*. Este nome foi escolhido uma vez que o objetivo deste método é utilizar apenas os recursos necessários, na quantidade adequada e no tempo certo. Daí a utilização da palavra *Lean*, que significa magro.

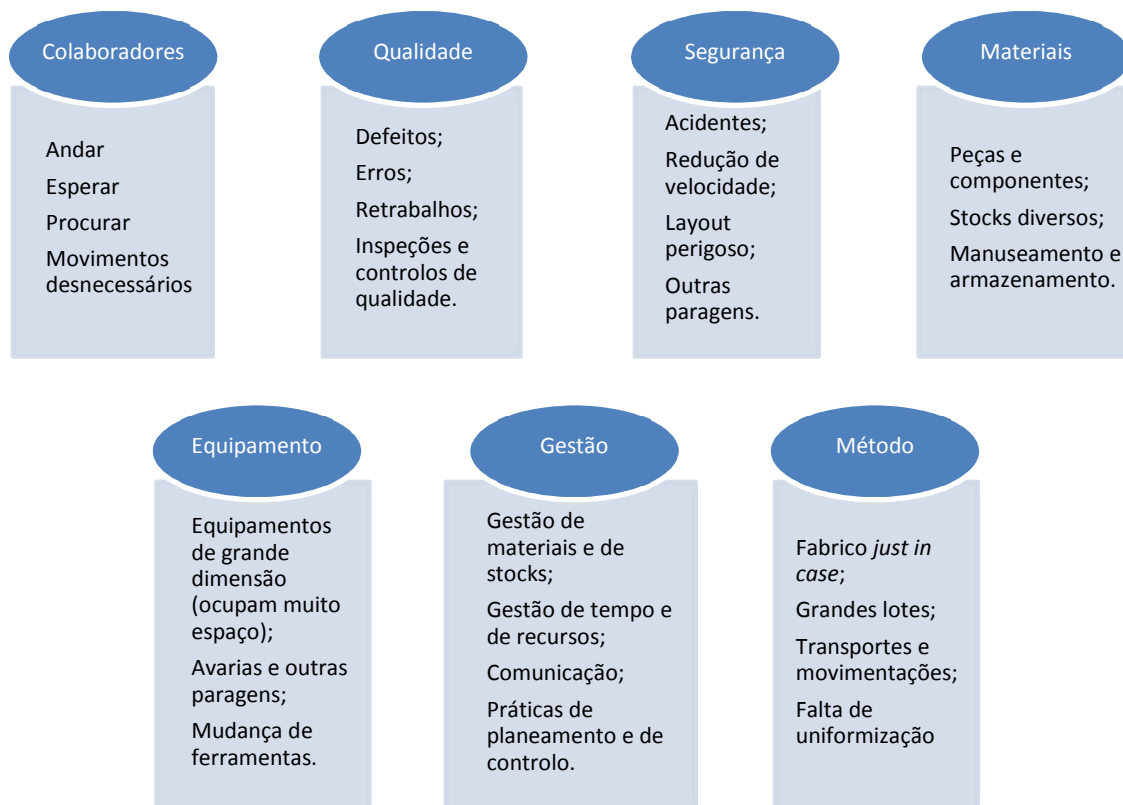
Concluindo, a filosofia *Lean Thinking* almeja a utilização de menos matéria-prima, menos pessoas, menos espaço, menos energia e menos stock para produzir com melhor qualidade, flexibilidade e com atenção às necessidades dos clientes.

Para compreender este pensamento torna-se de extrema importância incluir o significado de dois conceitos críticos: valor e desperdício. Normalmente, valor é entendido como a compensação que é recebida em troca do que é pago. Porém, nem sempre é necessário haver um pagamento para que exista valor em troca. Se assim fosse, não seria possível usar a designação “valor” para produtos ou serviços que são usufruídos gratuitamente, como por exemplo, um programa de rádio ou de televisão. Desta forma, valor é tudo aquilo que é entregue na forma de produto ou serviço ao cliente e que este considera como importante. Por outra forma, pode-se dizer que apenas o valor justifica o tempo, o esforço e o investimento do cliente. É importante ver que não são apenas os clientes que esperam receber valor das organizações. Os colaboradores, os acionistas, os fornecedores, e a sociedade em geral também esperam receber algo em troca vindo das organizações. O grupo de todas as pessoas interessadas na criação de valor pelas organizações chama-se *stakeholders*. Na figura 3 encontram-se apresentados alguns exemplos de pessoas interessadas na criação de valor numa organização.



**Figura 3 – Exemplos de grupos de pessoas que representam os *stakeholders***

Tal como já foi dito anteriormente, outro conceito importante para a compreensão do pensamento *Lean* é o significado de desperdício. Este conceito está ligado ao conceito de valor, ou seja, pode-se definir desperdício como o resultado de todas as atividades que são realizadas e não acrescentam valor. Ao conjunto destas atividades foi denominado pelos japoneses como *muda*. Quando o valor é pago, os desperdícios tornam os produtos ou serviços mais caros. Desta forma, é lógico compreender que as organizações que reduzem os desperdícios tornam-se mais competitivas porque podem reduzir os preços dos seus produtos. Com este pensamento surge o conceito de vantagem competitiva. Esta pode ser medida como a razão entre o valor que as organizações geram por aquilo que pedem em troca. Quanto mais favorável for esta relação para o cliente, maior será a probabilidade de a organização obter bons resultados no mercado onde está inserido. Mais de 95% do tempo de uma organização é despendido na realização de atividades que não criam valor [1]. Na figura 4 estão demonstrados alguns exemplos de desperdícios que estão presentes nas organizações.



**Figura 4 – Origens dos desperdícios (5M+Q+S)**

A Figura 4 apresenta as origens de desperdícios conhecida como os 5M+Q+S (*men, machines, materials, management, method, quality e safety*) e os possíveis desperdícios para cada uma destas fontes.

Os desperdícios foram identificados no decorrer do desenvolvimento do TPS, sendo classificados em sete categorias. Esta classificação é conhecida como “os sete desperdícios” (7W, *seven wastes*) [2]. Assim, as sete formas de desperdícios identificadas por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo estão apresentadas na figura 5 [3].

Excesso de produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzir mais do que o necessário, quando não é necessário e em quantidades desnecessárias.</li> </ul>
Esperas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo perdido por pessoas ou equipamentos quando estão à espera de algo.</li> </ul>
Transportes e movimentações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentação de materiais, partes montadas ou peças acabadas.</li> </ul>
Desperdício do próprio processo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operações e processos que não são necessários.</li> </ul>
Stock	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da organização.</li> </ul>
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defeitos ou problemas de qualidade, custos de inspeção, as respostas às queixas dos clientes e as reparações.</li> </ul>
Trabalho desnecessário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimento que não é realmente necessário para a execução das operações.</li> </ul>

**Figura 5 – Os sete desperdícios [2]**

## **2.2. MÉTODO KAIZEN (CONCEITO DE MELHORIA CONTÍNUA)**

Conforme assumido pelo Toyota, o método *Kaizen* é o coração do TPS [4]. No mesmo site é possível verificar que o método *Kaizen* é definido como as melhorias implementadas no processo ou no equipamento no dia a dia por qualquer uma das pessoas envolvidas no mesmo. Ou seja, *Kaizen* é o conjunto de ferramentas de melhoria contínua que permite atingir níveis mínimos de desperdício.

A palavra *Kaizen* nasceu da junção de duas palavras, “*kai*” significa “mudança” e, “*zen*” que significa “bom”. O objetivo deste método é criar uma mentalidade de melhoria contínua na organização que seja transversal a todos os departamentos e processos. Esta filosofia está baseada na eliminação dos desperdícios com base no bom senso, no uso de soluções baratas que apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática dos seus processos de trabalho, com foco na busca da melhoria contínua.

Esta metodologia *Kaizen* pode ser aplicada em todas as organizações em que haja operações sejam elas administrativas, logísticas ou de transformação.

Os benefícios deste método passam por levar a organização a obter melhorias transversais. Estes benefícios estão relacionados com a diminuição do lead-time, a redução de

custos, o aumento de qualidade, o aumento da eficiência dos equipamentos e o incremento de produtividade.

Por vez, o conceito *Kaizen* e o conceito *Lean* podem ser confundidos. De forma a clarificar esta dúvida *Lean* pode ser considerado como o fim ou o objetivo a atingir, enquanto que o *Kaizen* será a forma ou o caminho para se atingir esse fim, ou seja, todas as ferramentas e metodologias usadas para manter o sistema livre de desperdício.

### 2.2.1. O CICLO PDCA

Um dos primeiros conceitos que surge associado ao *Kaizen* é o ciclo PDCA, também conhecido por ciclo de Deming. Este conceito foi desenvolvido também no Japão em 1950 por William Edwards Deming. O objectivo deste ciclo é prevenir o erro através da normalização e a atualização da normalização em busca da melhoria contínua. Esta metodologia é composta por quatro fases, *Plan* (planear), *Do* (fazer), *Check* (verificar) e *Act* (agir). O ciclo PDCA pode ser representado através da seguinte forma (ver figura 6).

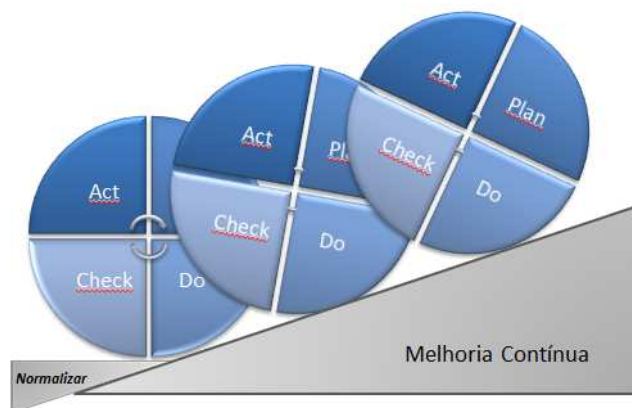


Figura 6 – Ciclo PDCA [5]

De seguida serão explicados todos estes passos:

- Planear: identificar o problema e as suas possíveis causas e soluções. Elaborar um plano corretivo e definir os objetivos a atingir;
- Fazer: implementar o plano e recolher informações sobre o seu funcionamento;
- Verificar: analisar os dados anteriores e verificar se vão de encontro com os objetivos elaborados na primeira fase;

- Agir: Analisar os desvios mais graves ao objetivo, tentando encontrar os problemas que originam esses desvios. Quando as contramedidas forem eficazes, normalizar, caso contrário será necessário outra iteração do ciclo.

A viabilidade deste método depende da estabilidade no sistema. Para isso, sempre que se efetuar qualquer alteração no sistema é necessário normalizar. Desta forma impede-se que o sistema regrida, perdendo as vantagens obtidas no processo de melhoria.

### **2.2.2. HOURENSOU – GESTÃO DA COMUNICAÇÃO**

Outra medida que contribui para o processo de melhoria contínua é o método de comunicação *Hourensou*. Este é um método para promover a comunicação entre todos os níveis hierárquicos da organização. A formação deste termo resulta da combinação de três palavras em japonês: *houkoku*, que significa reportar; *renraku*, que significa comunicar; e *soudan*, que significa consultar [2].

O método baseia-se na criação de uma estrutura hierárquica bem definida que está ao dispor dos operadores de linha. Estes são capazes de reportarem informação para os seus gestores, desta forma estes irão ter acesso mais rápido e fácil à informação atualizada e real. Este fator permite que as decisões possam ser tomadas de forma mais rápida e correta. Porém, este método possui algumas fraquezas. Tendo em conta que este processo é unidirecional, não existe fluxo de informação para os níveis hierárquicos inferiores. Outro ponto fraco deste modelo é que as decisões são concentradas no topo da hierarquia, isto pode levar ao desencorajamento dos colaboradores no chão de fábrica. Sem esquecer que a tomada de decisão pode demorar mais tempo quanto mais distante estiver o tomador de decisão do chão de fábrica.

O objetivo deste método é manter a comunicação entre os três grupos de pessoas envolvidas na organização. Esta comunicação pode ser classificada em três tipos diferentes:

- Reportar (*houkoku*) – reportar informação ao líder de projeto ou de equipa, para comunicar a situação do projeto, ou procurar informação ou orientação quando necessária;
- Comunicar (*renraku*) – atualizar todos os membros da equipa sobre a situação do projeto. Tendo em conta que todas as pessoas envolvidas no projeto estão atualizadas sobre a situação real do projeto, a tomada de decisão será mais fácil e correta;

- Consultar (*soudan*) – este tipo de comunicação é semelhante à anterior, porém a única diferença é que desta vez a comunicação é feita para as demais partes interessadas (*stakeholders*) envolvidas no projeto.

A imagem que se segue (figura 7) apresenta uma explicação de como deve ser feita a comunicação *hourensou* dentro de uma empresa.

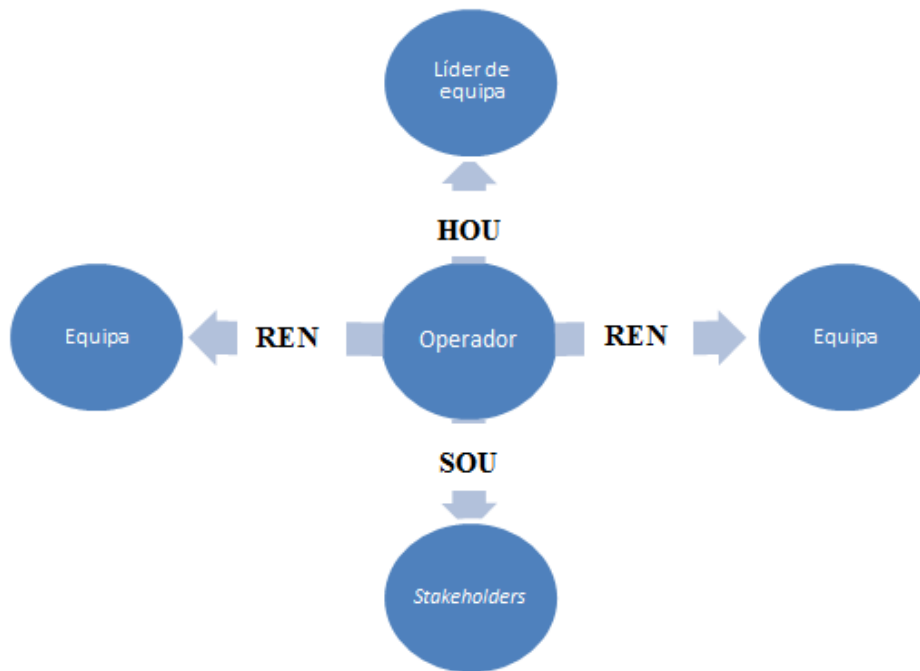


Figura 7 – Explicação da comunicação Hourensou

De forma a manter atualizada a comunicação entre todos os elementos recomenda-se a criação de uma tabela como a apresentada a seguir (ver tabela 2).

Tabela 2 - Exemplo de comunicação segundo o método hourensou [2] adapt.

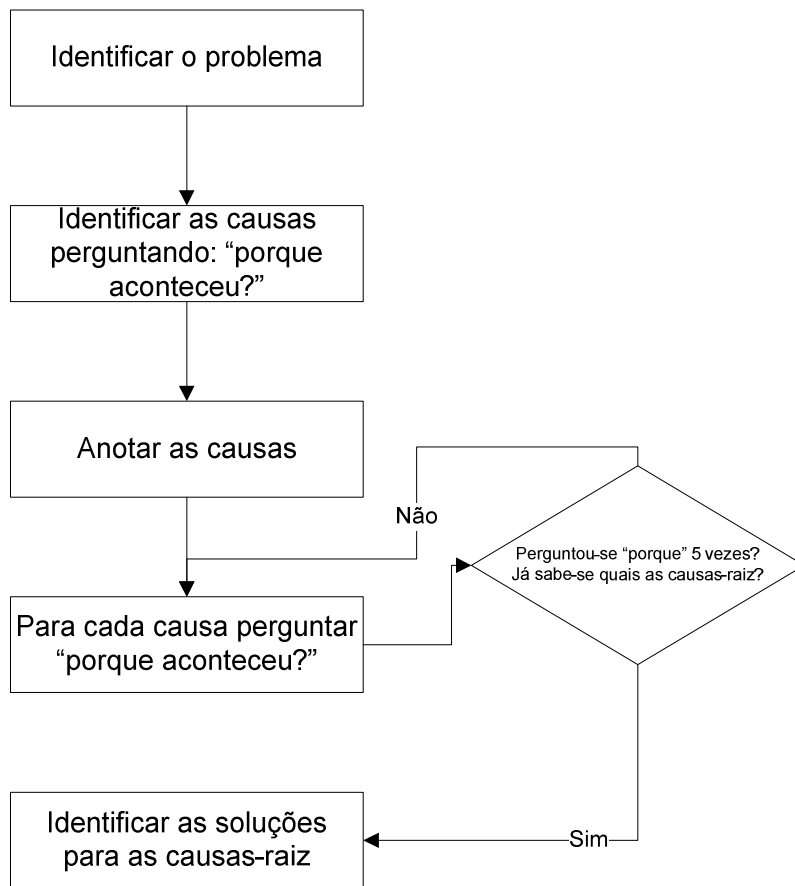
Tarefa/desenvolvimento/ atualização	HOU		REN		SOU	
	João	Pedro	Inês	Carlos	Eduardo	Luís
Reunião comercial projeto X	V	V	x	x	V	V
Alteração da data reunião interna do projeto X	V	V	V	V	X	X
...						

Esta tabela deverá ser impressa em formato A3 e colocada numa posição conhecida por todos os envolvidos no projeto. Quando não for necessário comunicar um tópico com uma das pessoas deve-se optar por usar um “X” para excluir a comunicação desse tópico com certa pessoa.

Na realidade pode-se afirmar que a comunicação é uma das chaves para o sucesso do pensamento *Lean*. Segundo os seus criadores o sucesso nos negócios constrói-se com base no trabalho em equipa. Caso contrário, a existência de falhas na comunicação ou a tomada de decisões sem consultar todas as partes interessadas são encaradas como prejudiciais para o trabalho em equipa, o que pode levar a falhas no projeto. Tomando o exemplo da Toyota (TMC), os seus gestores de topo solicitam àqueles que lhes reportam que lhes enviem todos os dias um *email* contendo de forma resumida as suas atividades diárias.

### **2.2.3. 5W (FIVE WHYS, OS CINCO PORQUÊS)**

A experiência mostra que em muitas empresas, os problemas são abordados conforme vão acontecendo, ou seja, apenas os efeitos são tratados. Enquanto isso pode resultar numa rápida resolução do problema, é muito provável que o erro volte a acontecer, visto que a verdadeira causa do problema não foi tratada. Esta posição deve ser repensada de forma a alterar o método de solução rápida (*quick fix*) por um método de procura da verdadeira fonte dos problemas. Desta forma, aliada à filosofia de melhoria contínua surge a análise 5W como uma ferramenta para descobrir a causa que origina um problema. Para a aplicação deste método recomenda-se a utilização do fluxograma apresentado na figura 8.



**Figura 8 – Aplicação do método 5W**

Por vezes o número de repetições igual a cinco vezes pode não ser suficiente. Este número não é uma regra, apenas é uma quantidade de vezes que é sugerido pelo sistema TPS. Recomenda-se também que esta análise seja feita em equipa para minimizar o efeito de opinião pessoal (subjetividade) de quem a aplica.

#### 2.2.4. GESTÃO VISUAL

É através da visão que o ser humano consegue adquirir maior quantidade de informação. De forma a aproveitar essa capacidade, torna-se importante que a maior parte da informação crucial para a comunicação e o funcionamento da empresa seja de forma visual.

Considera-se então que a gestão visual é um processo para apoiar o aumento da eficiência das operações, facilitando a recolha de informação de forma lógica e intuitiva. Quando possível recomenda-se que se utilize mais controlo visual e menos sistemas informáticos e procedimentos formais.

Um exemplo de gestão visual é a utilização do *kanban*. Este termo, de origem japonesa, é uma ferramenta de controlo simples e visual do fluxo de materiais, pessoas e informação dentro de uma empresa. O objetivo do *kanban* é garantir o funcionamento do sistema *pull*, onde o processo subsequente retirará as partes produzidas no processo precedente. Este processo baseia-se no princípio de que nenhum posto de trabalho é autorizado a produzir sem que o seu cliente faça o pedido. A figura 9 apresenta um exemplo de utilização de cartões *kanban*.



Figura 9 – Exemplo de um kanban [6]

Outro exemplo de gestão visual são os quadros de ferramentas que possuem a sombra das ferramentas desenhadas no próprio quadro. Isto facilita a arrumação das ferramentas, pois é muito mais fácil de saber qual é a posição correta para cada ferramenta. Por outro lado, a falta de uma ferramenta é facilmente identificada (ver figura 10).



**Figura 10 – Quadro de ferramentas baseado na gestão visual [7]**

Mais um exemplo de gestão visual são as marcações no solo. Estas marcações podem identificar as zonas de arrumação de paletes, identificar as estantes, manter zonas de circulação desimpedidas de obstáculos, entre outras vantagens. Na figura 11 estão representados exemplos destas aplicações.



**Figura 11 – Exemplo de marcações no chão de fábrica [8]**

Em acréscimo, existem quadros ou dispositivos utilizados para fazer o acompanhamento dos processos de trabalho. Estes quadros informam os interessados sobre o atual estado do processo. Estes podem indicar pedidos de intervenções e outros tipos de alertas, sendo denominados por quadros *andon* e estão exemplificados na figura 12.



Figura 12 – Exemplo de um quadro andon [9, 10]

## 2.3. VALUE STREAM MAPPING (VSM)

Este tema irá abordar mais uma ferramenta muito utilizada na análise de processos. Este conceito é mais conhecido pelo termo em inglês *Value Stream Mapping* (VSM). Além da sua definição, este subcapítulo irá apresentar uma breve explicação de como este deve ser elaborado dentro de uma empresa.

### 2.3.1. DEFINIÇÃO DO VSM

O VSM, também conhecido como análise da cadeia de valor, é um esquema onde estão representadas todas as atividades que criam e entregam valor ao cliente e aos demais interessados (*stakeholders*). Este conceito inicialmente desenvolvido por Porter em 1985 foi mais tarde adaptado por Womack *et al.* em 1996. No contexto do pensamento *Lean*, o VSM é o conjunto de todas as etapas e ações necessárias à satisfação dos pedidos do cliente. O VSM deve integrar os três tipos de atividades:

- Atividades que criam valor (normalmente representam a menor parte);
- Atividades que mesmo que não acrescentem valor são necessárias;
- Atividades que não acrescentam valor e são totalmente dispensáveis (puro desperdício, *muda*).

No VSM devem estar visíveis informações como os materiais, custos, pessoas envolvidas no processo e nos postos de trabalho, tempos de ciclo, informações do equipamento, duração dos turnos, entre outros. Na imagem 13 está apresentado um exemplo de um VSM.

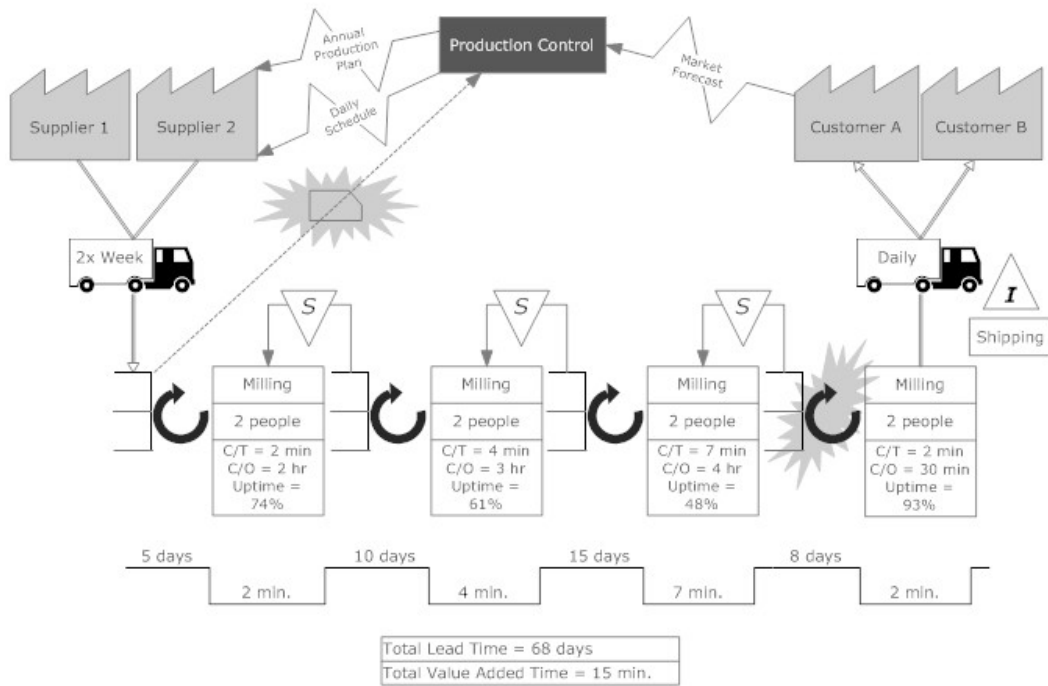


Figura 13 – Exemplo de um VSM [9]

### 2.3.2. PROCEDIMENTO PARA A CRIAÇÃO DE UM VSM

Em primeiro lugar, antes de começar a construir um VSM é necessário conhecer a simbologia utilizada neste tipo de gráfico. Atualmente, existem aplicações informáticas para auxiliar na construção deste diagrama, como por exemplo, o software *Microsoft Visio*. Este software possui uma série de símbolos por definição que podem ser utilizados para a construção do VSM. Estes símbolos encontram-se apresentados na figura 14.

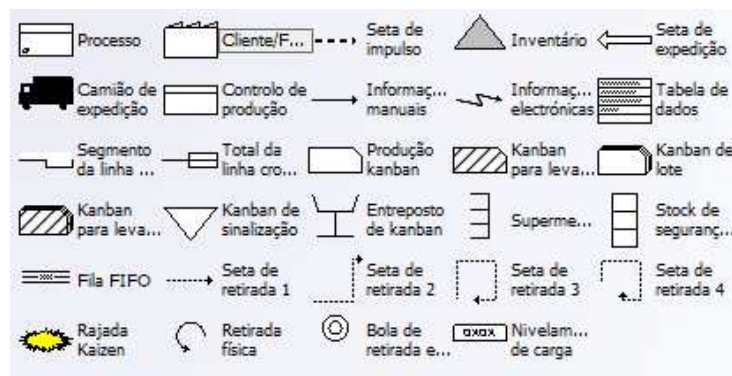


Figura 14 – Exemplos de símbolos utilizados na construção de um VSM

Porém, antes de começar a construir o VSM no computador, recomenda-se que este seja feito em papel. Desta forma é possível envolver todas as pessoas-chave dos departamentos que serão considerados no mapeamento da cadeia de valor. Introduzir todas as pessoas envolvidas no processo na construção do VSM minimiza o risco de fracasso e de críticas negativas. A construção do VSM em papel pode ter a vantagem de utilizar papéis e canetas de cores diferentes para diferenciar os fluxos de informação dos fluxos de transporte. A figura 15 exemplifica a construção de um VSM em papel por um grupo de trabalho.



**Figura 15 – Exemplo de construção de um VSM [11]**

A escolha do produto ou serviço que será analisado no VSM é muito importante. Deve-se dar prioridade a produtos ou serviços que sejam realmente importantes para a empresa, ou então aquele que seja possível aplicar o maior número de melhorias ou ferramentas de melhoria contínua.

Para construir um VSM completo é necessário conhecer uma série de informações a respeito do projeto. Entre estas se destacam as seguintes:

- Tempo de ciclo (C/T) – representa o tempo de saída de peças consecutivas. Este tempo deve ser definido pela mais longa das operações. Embora sejam conceitos diferentes, o tempo de ciclo e o *takt time* (tempo de ciclo definido pela procura do cliente) devem funcionar em harmonia. Quando a procura aumenta, o *takt time* deverá diminuir;
- Tempo de setup (*changeover time*, CO) – tempo de mudança na máquina, seja por ajuste ou preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou produto;
- Número de operadores;
- Duração do turno e tempo disponível por turno;
- Tempo de atividade da máquina e de outros processos;
- Tamanho do lote de produção;

- Número de variações de produto;
- Duração dos intervalos;
- Prazos de entrega;
- Espaço ocupado por cada posto;
- Número de avarias ou tempo de paragens;
- Inspeções de qualidade, transportes e armazenagens (embora não acrescentem valor devem estar especificados).

O objetivo final deverá ser criar um estado ideal da cadeia de valor caracterizado pela ausência total de desperdícios na cadeia. Para se alcançar tal estado pode vir a serem necessárias várias etapas. Para ser atingido este objetivo, devem ser encontradas as fontes de desperdícios e identificar de que modo essas atuam de forma negativa no desempenho da cadeia de valor. Para uma correta elaboração do estado intermédio é necessário conhecer seis conceitos fundamentais para a melhoria do processo, são eles os seguintes:

- *Takt time* – tal como já foi dito, este tempo é determinado pelo pedido do cliente. Este irá refletir o ritmo imposto ao fluxo de trabalho. Este valor é calculado pela razão entre o número de horas diárias pelo total de unidades de trabalho requeridas para um dia (devem ser descontados os intervalos);
- *Pitch* – utilizado quando não é fácil de mover uma unidade de trabalho de acordo com o *takt time*. Desta forma, calcula-se o *pitch* que será um múltiplo do *takt time*, que possibilita a criação e sustentação de um fluxo de trabalho consistente e prático;
- Produzir por encomenda ou para um supermercado (criação de *stock*) – segundo a filosofia *Lean*, a produção deve ser *just-in-time*, ou seja, o objetivo da empresa deve ser trabalhar por encomenda. Por vezes, quando o tempo de produção de um produto é maior do que o prazo de entrega, a produção por encomenda não é possível. Nestes casos, a produção para a criação de stock será a mais aconselhável;
- Fluxo contínuo – capacidade do processo em produzir peça a peça. Isto é possível quando o tempo de *setup* é muito reduzido e menor que o tempo de ciclo de fabrico de uma peça;
- Aplicação do sistema *pull* com supermercado – o sistema *pull* é um sistema do *just-in-time* e trata-se de um tipo de produção coordenado pelo cliente. Neste caso, as atividades de fabrico iniciam-se apenas na presença de um pedido ou ordem do cliente. Porém, por

vezes existem equipamentos com mudança de produto que criam variação na linha de produção. Quando isto acontece torna-se necessário implementar um supermercado para absorver estas oscilações;

- *Pacemaker* do processo ou o *bottleneck* do processo – o centro de trabalho (CT) ou o equipamento onde é necessário controlar e nivelar os pedidos do cliente. É neste ponto que a produção deve ser planeada, ou seja, todos os processos anteriores devem ser controlados em sistema *pull*. Sempre que se verificar uma variação dos pedidos do CT/equipamento *pacemaker* na ordem dos 30% é necessário realizar uma revisão dos lotes de fabrico.

Pode-se dizer que o VSM é um bom ponto de partida para a inicialização da jornada *Lean* numa organização. Isto é verdade devido aos seguintes aspetos:

- Possibilita a visualização de mais do que um processo;
- Além de permitir encontrar os desperdícios, é possível encontrar também as suas fontes;
- É construído de forma simples e intuitiva;
- Fornece uma base para um plano de implementação de melhoria;
- Apresenta as ligações entre fluxo de materiais, capital e informações.

## **2.4. OVERALL EQUIPAMENT EFFECTIVENESS (OEE)**

O OEE, também conhecido pelo termo em português “eficiência global”, ou mesmo por *key performance indicators* (KPIs), foi inicialmente desenvolvida para apoiar a filosofia *Total Productive Maintenance* (TPM). O seu objectivo era de quantificar o desempenho dos equipamentos, mas também como métrica da melhoria contínua dos equipamentos e processos produtivos. Mas ao longo do tempo, o OEE foi aplicado à generalidade das situações, não se limitando a processos industriais.

Este indicador permite a avaliação do desempenho global do sistema de operações de uma forma tri-dimensional. Ou seja, este indicador considera os três elementos envolvidos na criação de valor: pessoas (eficiência), processo (qualidade) e tecnologia (disponibilidade). Quanto ao primeiro indicador, este avalia a eficiência demonstrada durante o funcionamento, ou seja, a capacidade de produzir ao tempo que é considerado como tempo de ciclo ideal. O

segundo indicador avalia a qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido, este valor é obtido através da razão entre as peças conformes sobre o número de peças totais produzidas. Finalmente, o último indicador mede quanto tempo útil o equipamento tem para produzir, tendo em conta o tempo que este teve indisponível por avaria, manutenção, entre outros fatores.

Quanto ao parâmetro da eficiência, este é calculado tendo em conta a perda de ritmo durante a produção, ou seja, o afastamento do tempo de operação ao tempo ideal de ciclo. Para este parâmetro, a fórmula de cálculo é a seguinte:

$$\frac{\text{tempo ideal de ciclo}}{\frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Total de peças}}} = \text{Eficiência.} \quad (1)$$

O tempo ideal de ciclo é o tempo de ciclo mínimo em circunstâncias ótimas. Fatores como a redução da velocidade da produção e redução da eficiência do equipamento podem reduzir eficiência do equipamento.

Para o parâmetro da disponibilidade é necessário ter em conta a perda de tempo por inatividade e é calculado através da seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo de Produção Planeada}} = \text{Disponibilidade.} \quad (2)$$

Considera-se como tempo de produção planeada a diferença entre a duração do turno e os intervalos. Por sua vez, o tempo de operação é a diferença entre o tempo de produção planeado e o tempo perdido por inatividade do equipamento ou serviço. A falha e ajustes na máquina, bem como paragens e redução do tempo disponível para produzir são fatores que podem diminuir a disponibilidade.

Finalmente, a qualidade é calculada da seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Peças conformes}}{\text{Total de peças}} = \text{Qualidade.} \quad (3)$$

Fatores como defeitos, retrabalhos e perdas de arranque são responsáveis pela diminuição da qualidade.

A eficiência global (OEE) é o resultado do produto dos fatores calculados anteriormente, ou seja:

$$\text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade} = \text{OEE}. \quad (4)$$

Existem aplicações capazes de calcular o OEE dos equipamentos (ver figura 16). Caso a empresa não possua esse tipo de ferramentas, pode ser desenvolvida uma folha de cálculo capaz de calcular o OEE conforme a introdução dos valores medidos no equipamento.

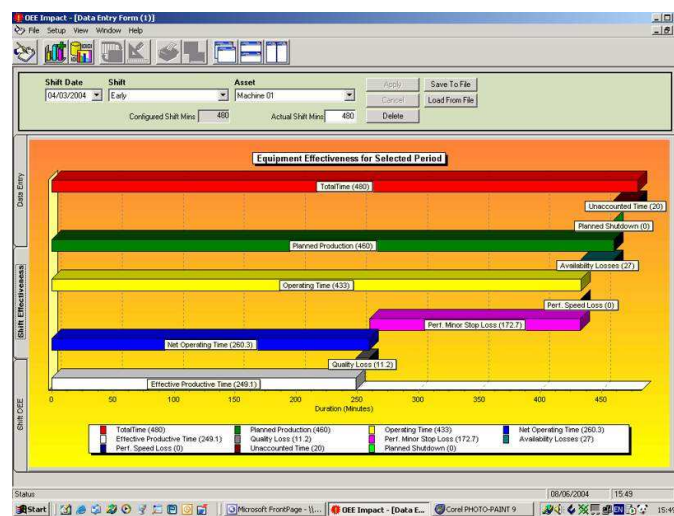


Figura 16 – Exemplo de um software de cálculo do OEE [12]

## 2.5. MÉTODO 5S

### 2.5.1. DEFINIÇÃO DO MÉTODO 5S

Este método surgiu no âmbito das indústrias japonesas nos anos de 1950. Este método tenta inculcar um sistema de melhoria contínua para a criação de um posto de trabalho livre de riscos e seguro. Para alcançar este objetivo o método procura libertar áreas através da arrumação dos postos de trabalho, evitar desperdícios, facilitar as atividades e localização de recursos disponíveis. A designação 5S nasce da conjugação de cinco conceitos japoneses, e todas estas palavras iniciam com a letra “s”. A tradução destes conceitos para inglês também resultam em palavras todas elas começadas pela letra “s”. Na figura 17 estão apresentados todos estes conceitos, bem como as suas traduções para inglês e português.

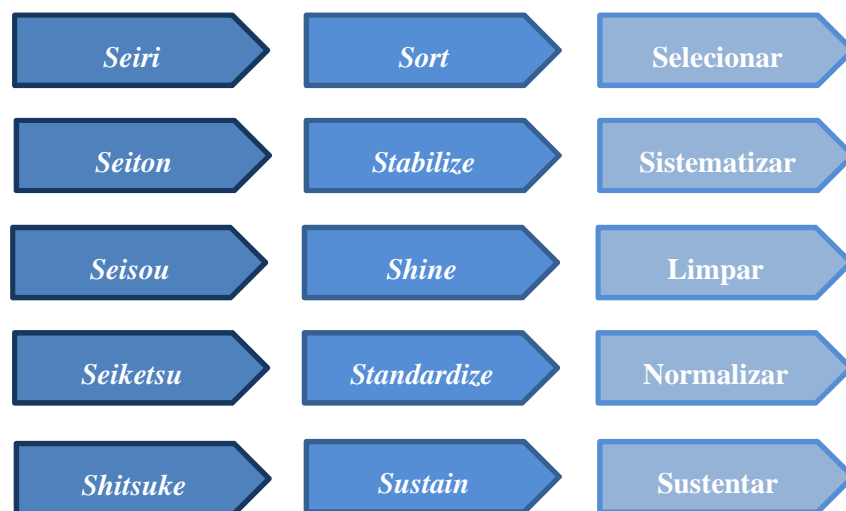


Figura 17 – O conceito dos 5S

Para implementar o método 5S recomenda-se que sejam aplicados os cinco passos que foram apresentados na imagem anterior. Segue-se uma breve apresentação de cada um destes passos:

- **Selecionar** – classificar os objetos e eliminar os desnecessários;
- **Sistematizar** – identificar e organizar os objetos;
- **Limpar** – limpar o posto de trabalho;
- **Normalizar** – desenvolver instruções de trabalho e normalizar as atividades diárias;

- **Sustentar** – manter o método 5S como uma cultura de trabalho, não apenas uma ferramenta a ser implementada e esquecida a seguir.

A implementação do método 5S deve ser precedida de uma formação com os colaboradores da empresa para ser explicada a importância da prática deste método. Durante esta formação devem ser explicados os objetivos do projeto, o porquê da sua implementação, as vantagens que este método irá trazer à empresa e as regras básicas do método. Durante a formação deverão ser apresentadas imagens ou vídeos da implementação do método em outras empresas. É importante também garantir o apoio da gestão em orçamento, recursos e envolvimento, desta forma os colaboradores irão ver que não estão sozinhos neste projeto. Sugere-se que a implementação deste projeto seja feita em equipa com metas distintas para cada uma destas.

## **2.5.2. PROCEDIMENTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO 5S**

Segue-se uma breve explicação de cada um dos passos para a implementação do método 5S.

### **2.5.2.1. SEIRI - SELECIONAR**

Este procedimento serve para identificar todas as ferramentas e materiais necessários e eliminar tudo o que é desnecessário. O objetivo desta primeira fase do projeto é garantir que se tem o necessário, na quantidade adequada e controlada para facilitar as operações. É essencial saber separar e classificar os objetos, colocando aqueles que são mais utilizados próximos ao local de trabalho e, por outro lado, o que for usado raramente deve estar colado em um lugar afastado do local de trabalho. O que for desnecessário deve ser eliminado ou, quando possível, vendido.

As vantagens deste procedimento passam pela redução de gastos com espaço, *stock*, transporte e seguros, o que evita a compra de materiais e componentes em duplicado. Este procedimento também minimiza o aparecimento de danos nos materiais ou produtos armazenados, aumenta a produtividade das máquinas e das pessoas envolvidas, entre outros.

Recomendam-se as seguintes regras para a realização deste procedimento:

- Separar os objetos necessários dos desnecessários;
- Devolver objetos emprestados;
- Usar etiquetas vermelhas para identificar itens valiosos, mas que não são necessários no posto de trabalho. Estes devem ser colocados numa área específica (ver figura 18);
- Deitar fora os objetos desnecessários. Em regra geral, quando se hesitar é porque não é necessário;
- Dividir os objetos necessários em grupos dependendo do seu destino.



**Figura 18 – Exemplo de aplicação do primeiro passo dos 5S [13]**

### 2.5.2.2. SEITON - SISTEMATIZAR

O objetivo deste procedimento é identificar e arrumar os objetos. Desta forma qualquer pessoa poderá localizar facilmente o que precisa visto que a visualização será facilitada. Este procedimento resulta na redução do tempo com a procura para encontrar os objetos, maior segurança e fácil detecção de objetos perdidos. Nesta fase do projeto recomenda-se as seguintes ações:

- Normalizar as nomenclaturas;
- Identificar os objetos com rótulos e cores vivas;
- Agrupar os objetos por famílias de objetos semelhantes;
- Expor visualmente os objetos ou equipamentos importantes, tais como extintores de incêndio, locais de alta voltagem, partes de máquinas que exijam atenção, etc;
- Eliminar as portas quando for possível (para reduzir os tempos de movimentação).

A imagem que se segue (figura 19) apresentam alguns exemplos de medidas que podem ser tomadas na aplicação desta metodologia.



Figura 19 – Exemplos de medidas tomadas no segundo passo de implementação dos 5S [13] adapt.

As vantagens desta fase do método 5S são as seguintes:

- Redução do tempo de procura de algum objeto;
- Facilita transporte interno, controle de documentos, arquivos ou pastas;
- Devido à redução dos tempos de desperdícios, é possível reduzir o tempo de entrega;
- Mais uma vez, evita a compra de materiais e componentes desnecessários ou repetidos;
- Maior racionalização do trabalho, menor cansaço físico e mental, melhor ambiente;
- Melhor disposição dos equipamentos;
- Facilita a limpeza do local de trabalho.

### **2.5.2.3. SEISO - LIMPAR**

Esta fase do método procura eliminar poeiras, líquidos derramados e materiais estranhos dos postos de trabalho. Na figura 20 pode ser visto um exemplo de medida a ser tomada para prevenir a sujidade numa estante. Com esta prática é possível manter um posto limpo, agradável ao operador, fácil deteção de fugas, assim como de ferramentas que necessitam de reparação. Para alcançar estas melhorias, é necessário seguir uma série de procedimentos como os seguintes:

- Manter os equipamentos limpos após o seu uso, para que o próximo a usar o encontre limpo;
- Mais importante do que limpar é necessário encontrar as causas da sujidade e eliminá-las;
- Definir responsáveis por cada área e sua respectiva função;
- Proteger as estantes do pó e outras sujidades;
- Fornecer materiais de limpeza e higiene para os operadores serem capazes de limpar o seu próprio posto de trabalho;
- Dar destino adequado ao lixo, quando houver.



**Figura 20 – Proteção contra a poeira em estantes de peças ou ferramentas [13]**

#### **2.5.2.4. SEIKETSU - NORMALIZAR**

Como o próprio nome indica, o quarto passo na implementação do método 5s é criar regras (normas) para manter as três medidas implementadas anteriormente. Desta forma é possível criar melhores condições de trabalho e eliminar as causas dos acidentes. Para atingir estes objetivos é necessário gerir os recursos do modo adequado (conforme a norma criada), fazer calendários de tarefas e trabalhos de acordo com os recursos disponíveis e, sempre que possível, avaliar as normas desenvolvidas e pedir opiniões de outras pessoas na avaliação.



**Figura 21 – Quadro de informações de uma empresa [13]**

#### **2.5.2.5. SHITSUKE - SUSTENTAR**

Finalmente, é necessário criar um pensamento de sustentabilidade do método 5s. Mais do que uma ferramenta, este método deve ser encarado como um modo de vida da empresa. Com esta alteração, é possível reduzir o número de erros devido à falta de atenção, criação de um método de trabalho uniforme e melhoria das relações humanas na empresa geradas pela discussão das melhorias entre as pessoas.

Recomenda-se que sejam feitas auditorias para verificar quais são os resultados obtidos pelo método do 5s ao longo do tempo.



# 3. CASO DE ESTUDO – SERMEC LASER

Este projeto foi realizado numa empresa do ramo da indústria metalomecânica situada no distrito do Porto, mais propriamente no concelho da Maia. Ao longo deste capítulo será feita uma apresentação da empresa Sermec Laser, bem como uma caracterização do equipamento e do processo e, finalmente, uma descrição e análise do processo produtivo.

## **3.1. CARCTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO**

### **3.1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

A Sermec Laser é uma empresa que presta serviços de corte por laser, oxicorte e jato de água. A Sermec Laser faz parte do grupo Sermec II, um grupo vocacionado para a área da metalomecânica de precisão com cerca de 40 anos de experiência. Actualmente, os seus principais clientes são siderurgias, cordoarias, cimenteiras, refinarias entre outras indústrias, e as suas actividades principais são a produção, reparação, comercialização de ferramentas e peças de alta precisão, em vários metais ferrosos e não ferrosos, de acordo com os projetos e

requisitos exigidos. O serviço de manutenção e acompanhamento completa a actividade da empresa. Sermec II, como organização mantém-se em constante evolução como a internacionalização e a certificação da empresa na norma ISO 9001:2008. A figura 22 apresenta as instalações da Sermec II.



**Figura 22 – Instalações da Sermec II**

Por sua vez, a Sermec Laser conta com equipamentos de tecnologia de ponta para a satisfação dos requisitos de projeto dos seus clientes. Esta empresa realiza serviços para a Sermec II, bem como para clientes externos. As instalações da Sermec Laser encontram-se apresentadas na figura 23.



**Figura 23 – Instalações da Sermec Laser**

A Sermec Laser está localizada na Rua da Fonte Fria, na freguesia da Folgosa no concelho da Maia. A empresa funciona entre as 08:30h e as 18:00h. A figura 24 apresenta a localização da empresa em vista aérea.



**Figura 24 - Localização das instalações da Sermec Laser**

### **3.1.2. OBJECTIVOS DA EMPRESA**

A Sermec II tem como principais objectivos solucionar os problemas dos seus clientes na área da metalomecânica e ir de encontro ao princípio da utilização dos recursos recicláveis, tornando assim os seus produtos mais amigos de ambiente.

Reparam e protegem contra os desgastes as peças e partes de equipamentos, aumentando o tempo de vida útil dos mesmos e diminuindo os custos de manutenção, nomeadamente os custos de substituição de componentes. Para isto, a empresa utiliza processos e equipamentos de tecnologia em revestimentos, que permitem a aplicação de qualquer material, pó ou arame, sobre as mais variadas superfícies, proporcionando elevada resistência ao desgaste, abrasão, corrosão, oxidação, erosão, cavitação ou temperatura.

### **3.1.3. SERVIÇOS REALIZADOS PELA SERMEC LASER**

O corte a laser é uma tecnologia que utiliza um laser para cortar materiais, e é normalmente utilizado para aplicações de fabrico industrial. Porém, outros tipos de trabalho poderão ser efetuados desde que utilize chapa como matéria prima. O corte a laser funciona quando um laser de alta potência é direccionado, por computador, ao material a ser cortado. Por sua vez, este material derrete, queima, evapora imediatamente, ou é expelido por um jacto de gás, deixando uma borda com um acabamento de alta qualidade na superfície.

Os cortadores de laser industriais são usados para cortar material de folha plana, bem como materiais estruturais e de tubulação. A Sermec Laser conta com uma máquina de corte laser desenvolvida pela *Prima Industrie*, mais propriamente o modelo *Platino 1530*, este equipamento encontra-se apresentado na figura 25.



**Figura 25 - Equipamento para corte por laser utilizado na Sermec Laser**

O corte a laser pode ser utilizado para trabalhos em diversos materiais e espessuras. Na figura 26 encontram-se alguns exemplos de peças cortadas por este equipamento.



**Figura 26 – Exemplos de peças cortados pela Platino 1530**

Por sua vez, o corte de chapas através da tecnologia de oxicorte é realizado no equipamento que se encontra apresentado na próxima imagem. Este equipamento foi desenvolvido pela *Oerlikon* e é designado por *Oxytome 25* (ver figura 27).



**Figura 27 - Equipamento de oxicorte da Sermec Laser**

Finalmente, a Sermec Laser conta com a mais recente tecnologia de corte por jato de água. Para isso, a empresa possui um dos mais recentes equipamento nessa área, mais propriamente a *Mach 4*, desenvolvido pela empresa *Waterjet* (figura 28).



**Figura 28 - Equipamento de corte por jato de água**

### 3.1.4. DESCRIÇÃO DA ÁREA PRODUTIVA DA SERMEC LASER

Como já foi mencionado, a Sermec Laser realiza serviços de corte utilizando três tipos de tecnologias: oxicorte, corte a laser e corte por jato de água. Existe também a tecnologia de corte por plasma, porém esta é a menos utilizada. Posto isto, atualmente esta tecnologia encontra-se desativada devido ao fraco interesse neste tipo de corte por parte dos clientes. De forma a servir os seus clientes com este tipo de serviços, a Sermec Laser encontra-se dividida em dois armazéns que serão apresentados na figura 29. As funções de cada um destes dois armazéns serão explicadas nos próximos subcapítulos.

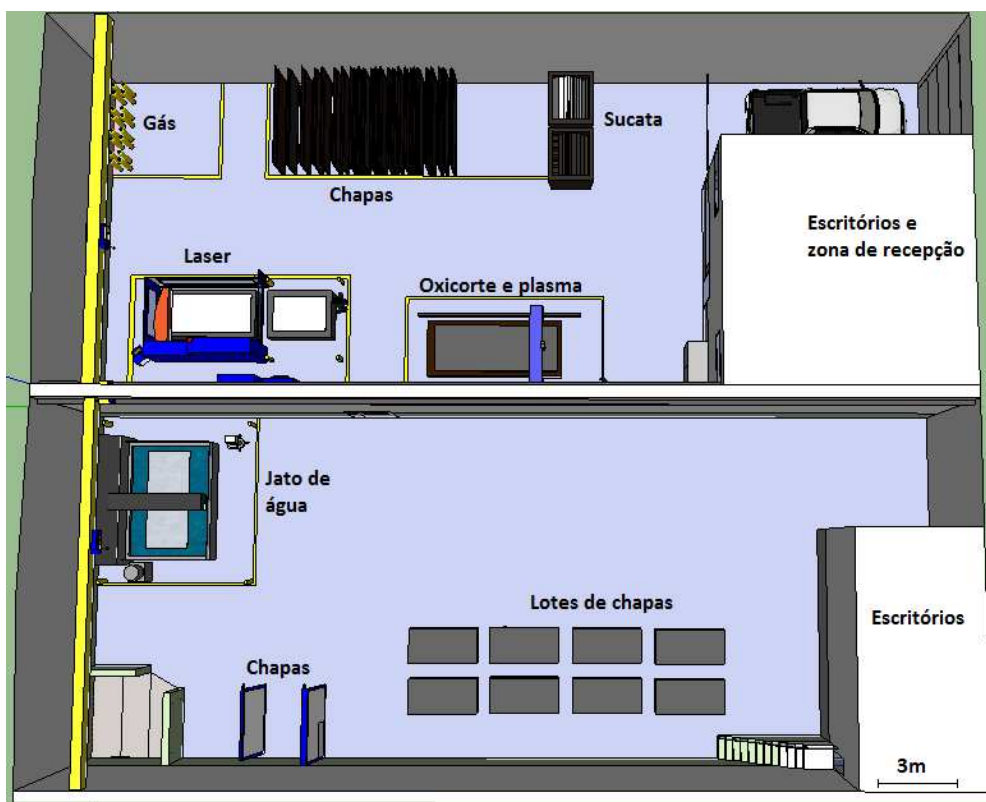


Figura 29 – Layout da Sermec Laser

### 3.1.4.1. ARMAZÉM 1 – CORTE A LASER E OXICORTE

O armazém 1 é o local onde são realizados a maioria dos trabalhos de oficina da empresa. Como pode ser visto na imagem anterior, neste armazém são realizados trabalhos de corte a laser, oxicorte e plasma. É também neste espaço que são armazenadas as chapas de grande espessura que serão cortadas no oxicorte e no plasma, bem como as chapas retalhadas oriundas do corte a laser e oxicorte. Por fim, neste espaço também estão situados os escritórios e a zona de recepção dos clientes. Na figura 30 está apresentado o layout do armazém 1.

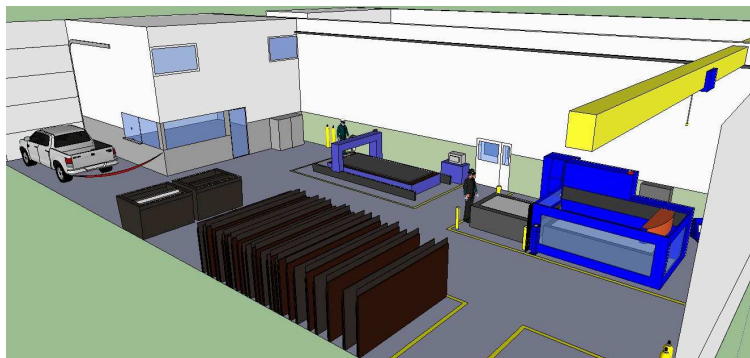


Figura 30 – Layout armazém 1

### 3.1.4.2. ARMAZÉM 2 – JATO DE ÁGUA

Por sua vez, o armazém 2 está reservado para os trabalhos de corte por jato de água e é também onde estão armazenadas as chapas de menor espessura que serão transportadas para a máquina de corte a laser e jato de água. Este armazém possui escritórios, mas que de momento estão desativados. Na figura 31 está apresentado o esquema do layout deste pavilhão.

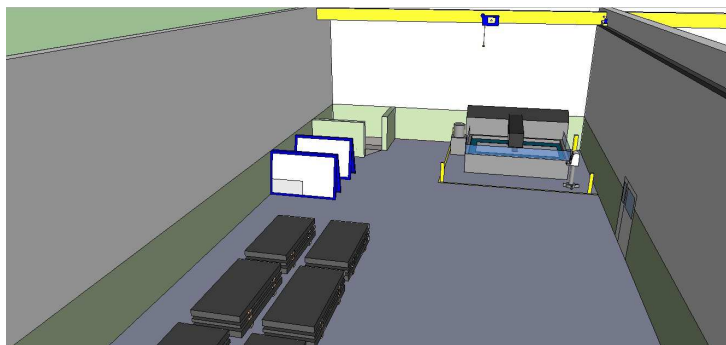


Figura 31 – Layout do pavilhão 2

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO E DO PROCESSO

Este estudo irá apenas incidir em uma das três tecnologias apresentadas anteriormente, sendo esta o corte a laser. Tendo isso em conta, serão ignoradas todas as operações necessárias em outros processos produtivos desenvolvidos na Sermec Laser. Porém, alguns dos processos estudados para o corte a laser são semelhantes a outros processos de corte e algumas melhorias poderão ser aplicadas noutras áreas no futuro.

Em primeiro lugar, foram averiguadas as características da máquina de corte a laser apresentada. Como já foi dito, a máquina de laser utilizada é do modelo *Platino 1530* (ver figura 32). As características deste modelo estão apresentadas de seguida e foram retirados do *site* do fabricante.

- Dimensões máximas de trabalho (chapa): 3000 x 1500 mm;
- Velocidade máxima: 100m/min;
- Precisão posicional: 0.03mm;
- Peso: aproximadamente 10.000 Kg;
- Potência Laser: 2500W – 4000W;
- Tensão: 400 – 460 VCA (Volt Corrente Alternada);
- Dimensões gerais: 9500 x 3500 x 2500 mm;
- Duas mesas de trabalho para maior rapidez na mudança de chapa.



**Figura 32 – Máquina de corte a laser Platino 1530**

Para descrever todo este processo de corte, será apresentado um VSM do processo de corte. Posto isto, o VSM que representa o processo de corte a laser na Sermec Laser encontra-se apresentado na figura 33.

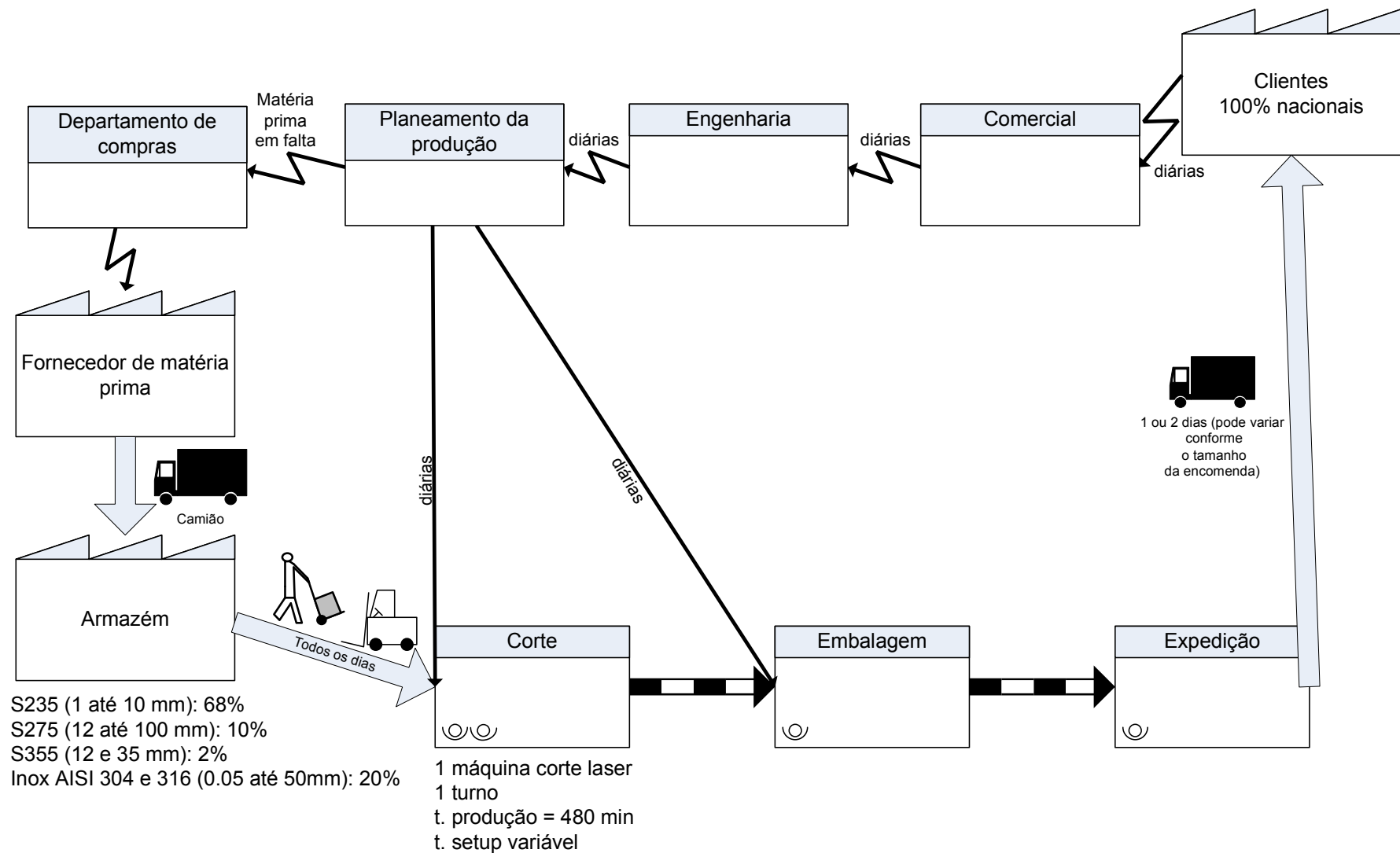
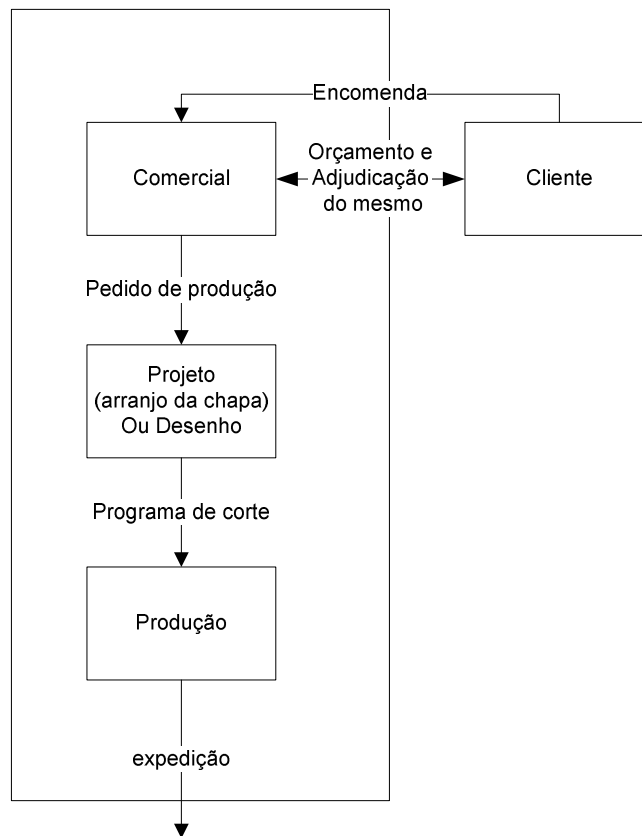


Figura 33 – VSM do corte a laser na Sermec Laser

O processo de produção inicia no pedido de cotação requisitado pelo cliente. Este é enviado para o departamento comercial que irá analisar o pedido de cotação e irá responder ao cliente no prazo mais rápido possível respeitando o acordado com o cliente. Cabe ao cliente decidir se irá avançar ou não com a compra. Caso a resposta seja positiva, o cliente retorna a adjudicação da obra ao departamento comercial. Este departamento fica responsável por dar seguimento à obra encaminhando a mesma para o departamento de engenharia. Esta parte do processo é feita através da abertura de uma obra por parte do departamento comercial, sendo este documento, o pedido de produção enviado para o departamento de engenharia. Este departamento irá tomar as medidas necessárias para a realização da encomenda, podendo ser necessário desenhar as peças que serão cortadas caso o cliente não entregue os desenhos em formato digital (como por exemplo, em formato *dxf* ou *dwg*), neste caso o prazo de entrega pode ser alterado. Estando a encomenda pronta para ser cortada, ou seja, com o programa pronto para ser descarregado para a máquina de corte a laser, o departamento de engenharia envia a obra para o planeamento da produção. Este departamento é responsável por planejar a ordem que o operador da máquina de corte a laser deverá seguir, de forma a cumprir com os prazos de entrega de cada encomenda. É função do planeamento da produção informar o departamento de compras quando não existe a matéria prima necessária para o corte de uma obra, ficando este responsável por encomendar a matéria prima ao fornecedor.

Finalmente, o operador inicia o processo de corte e envia a peça para a embalagem (quando necessário) e de seguida para a expedição. O controle de qualidade tanto pode ser feito na altura do corte como antes de ser embalado ou expedido.

O processo de produção pode ser descrito através do fluxograma que está apresentado na figura 34.



**Figura 34 – Fluxograma o processo de corte a laser**

A seguir, estão representadas na figura 35 as movimentações que ocorrem dentro do armazém e que traduzem o fluxo do processo de corte a laser na empresa. Quando o operador da máquina de corte a laser necessita de ir buscar chapa para cortar o pedido de produção que recebeu, este terá que optar por uma das duas opções seguintes:

- A primeira opção passa por ir ao armazém 2 buscar chapa nova (distância igual a cerca de 50 metros, considerando o ponto de partida do operador próximo da consola da máquina de corte a laser), isto acontece quando a encomenda ocupada chapa inteira, logo não pode ser cortada em retalhos.
- Caso contrário, o operador da máquina de corte a laser pode ir ao lote de retalhos de chapas e utilizar um retalho para cortar a encomenda, neste caso a distância percorrida será metade da anterior.

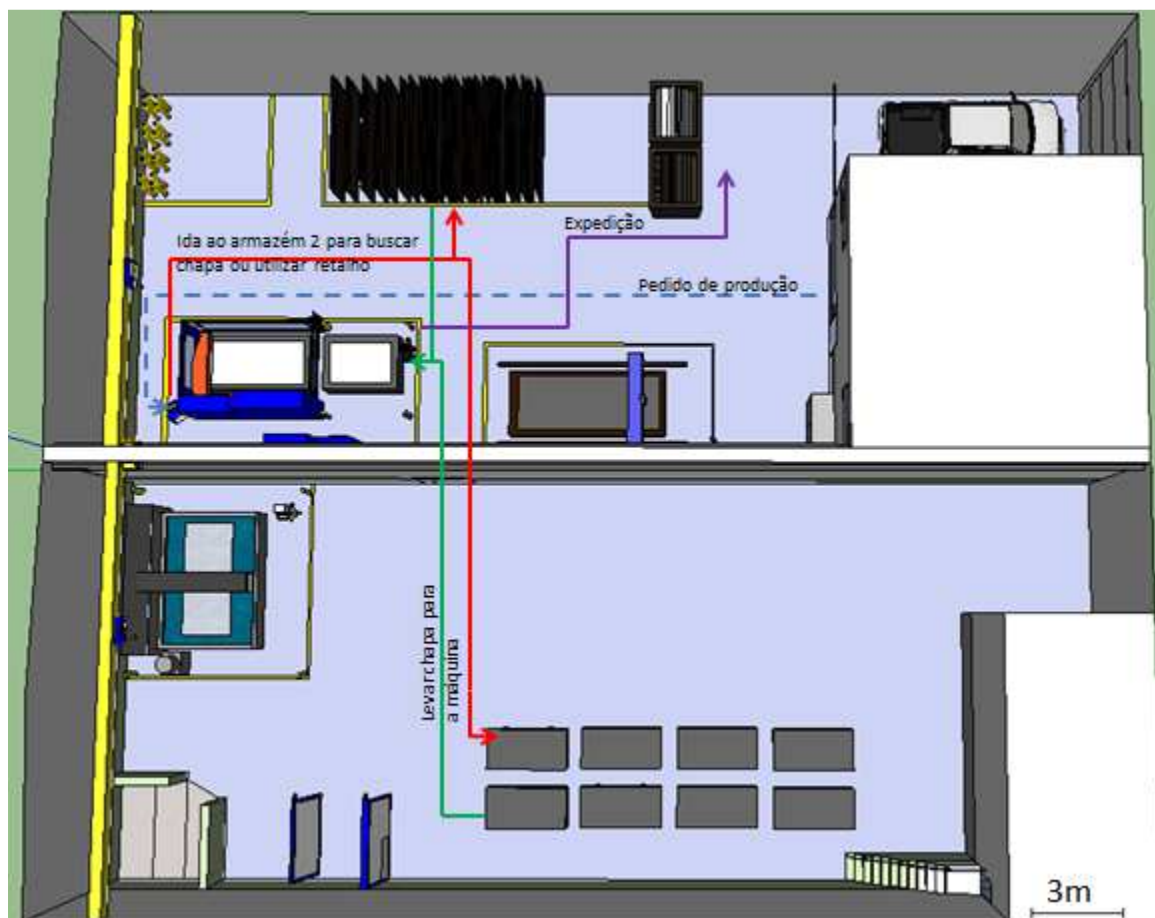


Figura 35 – Movimentações necessárias para o processo de corte a laser

### 3.3. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO PROBLEMA

Como foi mencionado no diagrama da calendarização deste projeto, o primeiro passo neste trabalho foi tentar perceber o funcionamento do processo no arranque desta proposta de melhoria. Para isto, recorreu-se ao estudo da eficiência do processo de corte a laser para conhecer a realidade da utilização deste mesmo processo na empresa. Além disso, este projeto irá incidir sobre o problema da falta de organização e normalização do *layout* da Sermec Laser.

### 3.3.1. BAIXA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE CORTE A LASER

Ainda no âmbito de análise do processo foi elaborado um OEE para avaliar a eficiência, a disponibilidade e qualidade do equipamento de corte a laser. Os valores obtidos por este OEE serviram como um ponto de partida para a definição da intervenção de melhorias no processo. Desta forma, este indicador foi utilizada na avaliação do processo de corte a laser de forma a definir o processo de produção no momento anterior a esta proposta de melhoria. Para isso, durante o período de um mês foram registados todos os tempos de corte realizados por este processo. Esses tempos foram retirados através do software de programação de corte da máquina a laser durante o processo de desenho e arranjo das peças que serão cortadas na chapa, este *software* chama-se *Sicam*. Este software é capaz de simular todo o processo de corte e indicar o tempo de corte para cada peça. Na figura 36 encontra-se um exemplo do relatório criado pelo *Sicam*.

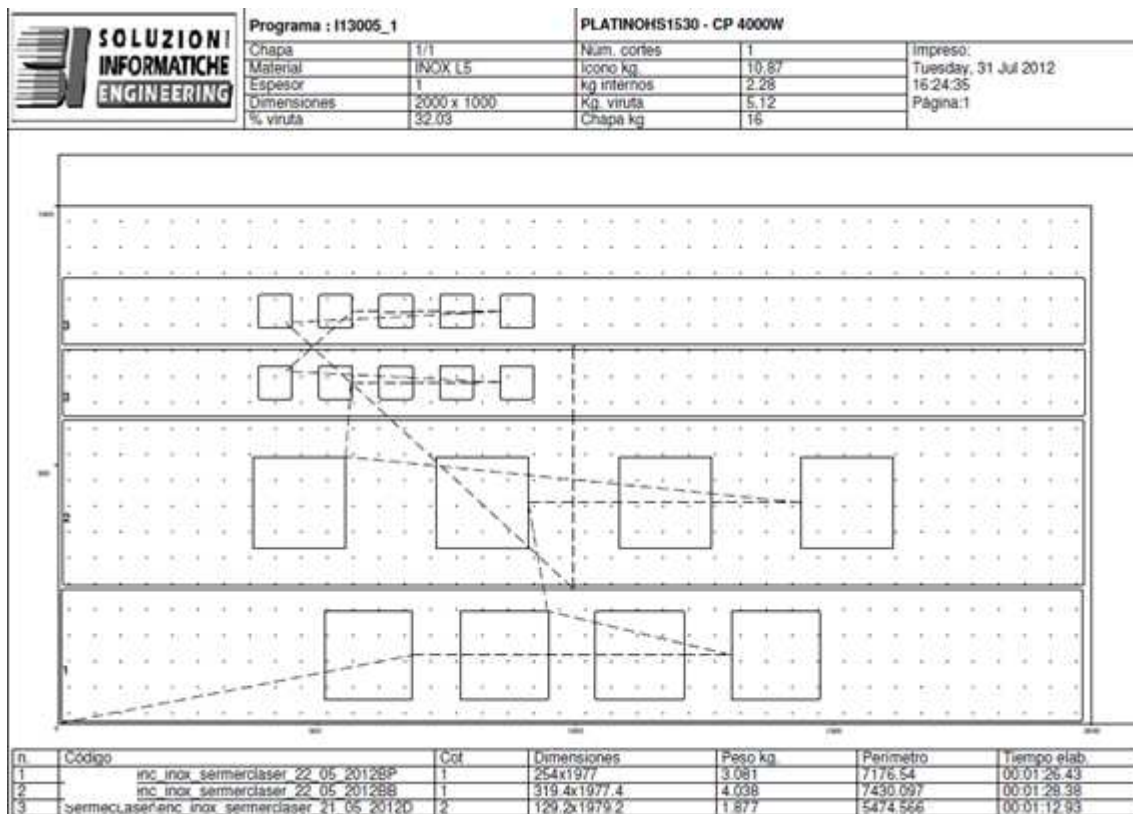


Figura 36 – Relatório de corte criado pelo Sicam

Tal como pode ser visto na imagem anterior, este relatório indica o código da peça, a quantidade da mesma e a posição a que se refere no arranjo da chapa. Outras informações como as dimensões de cada peça, o peso de cada unidade e o perímetro de corte da mesma também estão especificados neste relatório. Para a realização do OEE, o indicador mais importante deste relatório é o tempo de corte de cada peça. Este tempo será multiplicado pela quantidade de peças e o somatório destes valores será o tempo total de corte para cada chapa. Estes valores foram guardados numa folha de cálculo diariamente e analisados no fim de cada semana. Na figura 37 estão apresentados os valores do OEE obtidos para a primeira semana.

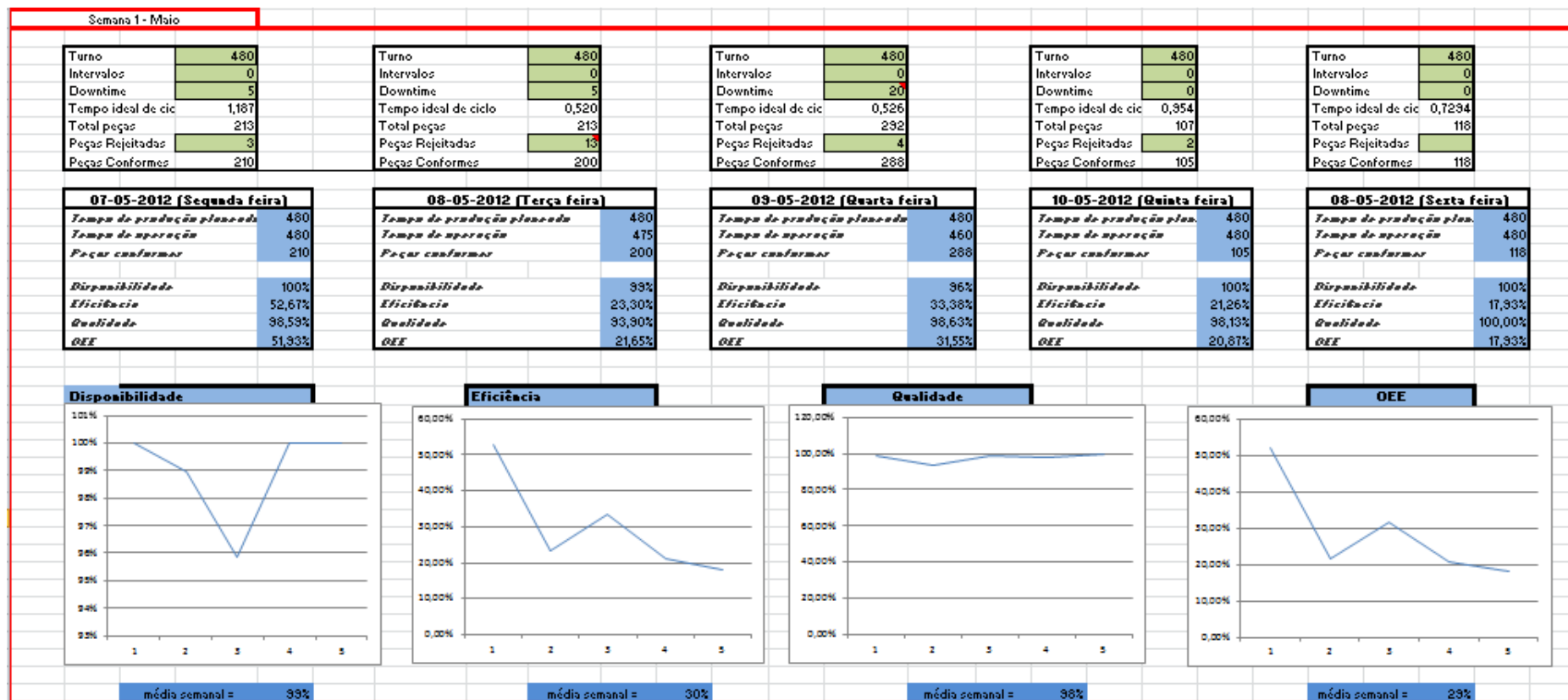


Figura 37 – Folha de cálculo utilizada para calcular o OEE

Tal como foi dito anteriormente, este processo de levantamento de tempos de corte foi repetido durante o mês de Maio de 2012, mais propriamente durante vinte dias. Finalizado este estudo, foi possível criar uma tabela (ver tabela 3) onde estão apresentados todos indicadores do OEE calculados durante este mês.

**Tabela 3 – Resultados obtidos no OEE**

<b>Dia</b>	<b>Disponibilidade</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Eficiência</b>	<b>OEE</b>
<b>07-Mai</b>	100%	99%	53%	52%
<b>08-Mai</b>	99%	94%	23%	22%
<b>09-Mai</b>	96%	99%	33%	32%
<b>10-Mai</b>	100%	98%	21%	21%
<b>11-Mai</b>	100%	100%	18%	18%
<b>14-Mai</b>	100%	98%	21%	20%
<b>15-Mai</b>	98%	99%	28%	27%
<b>16-Mai</b>	100%	96%	18%	17%
<b>17-Mai</b>	99%	90%	21%	19%
<b>18-Mai</b>	100%	100%	17%	17%
<b>21-Mai</b>	100%	100%	46%	46%
<b>22-Mai</b>	100%	100%	46%	46%
<b>23-Mai</b>	97%	94%	19%	17%
<b>24-Mai</b>	100%	100%	13%	13%
<b>25-Mai</b>	99%	100%	17%	17%
<b>28-Mai</b>	100%	100%	70%	68%
<b>29-Mai</b>	100%	97%	33%	32%
<b>30-Mai</b>	100%	98%	35%	34%
<b>31-Mai</b>	100%	96%	18%	17%
<b>01-Jun</b>	100%	100%	17%	17%
<b>Média</b>	<b>99,4%</b>	<b>98%</b>	<b>28%</b>	<b>28%</b>
<b>Nº dias</b>	<b>20</b>			
<b>&lt;25%</b>	-	-	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>&lt;20%</b>	-	-	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>&lt;15%</b>	-	-	<b>1</b>	<b>1</b>

Através da análise da tabela anterior é possível verificar que para os parâmetros de disponibilidade e qualidade o equipamento apresenta valores bastante próximos da excelência. Por outro lado, a média dos valores para a eficiência atingida pelo processo de corte (28%) pode ser considerada como baixa. Além disso, para os vinte dias de

funcionamento, foram registados doze dias com valores de eficiências inferiores a 25%, oito dias inferiores a 20% e um dia inferior a 15% de eficiência. Isso quer dizer que durante os vinte dias que a máquina esteve ligada, ou seja, 160 horas, a máquina apenas esteve realmente a cortar 41 horas e 18 minutos. Porém, é necessário reconhecer que este valor contempla apenas o tempo de corte efetivo, ou seja, o tempo despendido com o carregamento e descarregamento da chapa não foram contabilizados neste cálculo. Posto isto, acredita-se que este valor ainda pode ser aumentado tendo em conta que existiram dias que a máquina obteve mais de 45% de eficiência, chegando mesmo aos 70%. Em suma, pode-se dizer que o problema encontrado no processo de corte a laser neste momento é a baixa eficiência.

### **3.3.2. FALTA DE ORGANIZAÇÃO E NORMALIZAÇÃO DO *LAYOUT* DA SERMEC LASER**

Além do problema apresentado anteriormente com a baixa eficiência do processo de corte a laser, este trabalho irá abordar também uma proposta de melhoria para alguns problemas com o *layout* da empresa. Estas duas situações serão apresentadas nos próximos dois pontos. Pensa-se que com a implementação de melhorias nesta área, a eficiência do processo irá também sofrer alterações de forma positiva.

#### **3.3.2.1. ARMAZÉM 1 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 5S NO POSTO DE TRABALHO DE CORTE A LASER**

O primeiro problema está relacionado com a falta de organização no armazenamento de retalhos de chapas oriundos do processo de corte a laser. Até este momento, esses retalhos eram empilhados em paletes sem nenhum tipo de separação por material ou espessura. A localização das paletes também não era em locais próprios (ver figura 38).



**Figura 38 – Situação da arrumação dos retalhos antes da intervenção da proposta de melhoria**

### **3.3.2.2. ARMAZÉM 2 – ALTERAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE CHAPAS E RETALHOS**

O segundo problema encontrado tem a ver com um problema semelhante ao anterior, porém desta vez associado ao armazém número dois. Este armazém encontrava-se mal aproveitado tendo em conta que os lotes de chapas não se encontravam arrumados e havia o mesmo problema de excesso de retalhos provenientes do corte por jato de água. A figura 39 apresenta alguns desses problemas encontrados neste armazém.



**Figura 39 – Situação encontrada no armazém 2 antes desta proposta de melhoria**

### 3.3.3. ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE MOVIMENTAÇÃO DE CHAPAS PARA O PROCESSO DE CORTE A LASER

Até ao momento do início da elaboração deste projeto a movimentação de chapas dentro do armazém era um processo muito demorado e sem um método único. Quando se tratava de chapa fina, esta era carregada pelos operadores desde o armazém 2 até a mesa de corte da máquina a laser situada no armazém 1. Este método podia ser ainda mais demorado se o operador da máquina estivesse dependente da ajuda de outra pessoa que poderia estar ocupada, em alguns casos, a máquina de corte chegava a parar enquanto esperava pela chapa. A figura 40 apresenta o trajeto que é necessário percorrer desde a localização do lote de chapas até a máquina laser, esta distância percorrida é igual a 15 metros (esta distância contabiliza apenas o trajeto de ida desde a mesa que está livre da máquina de corte a laser).

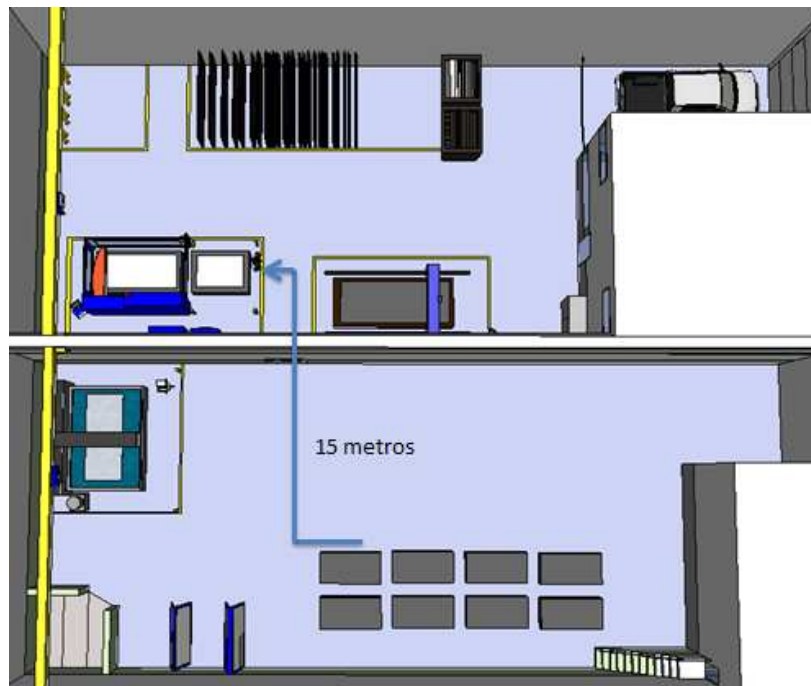


Figura 40 – Trajeto utilizado para movimentar as chapas até a máquina de corte a laser

### 3.3.4. RESUMO DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS NA SERMEC LASER

Como conclusão deste capítulo, e para facilitar a compreensão dos problemas identificados através da análise do processo de corte a laser, serão apresentados de seguida um breve resumo dos problemas que foram encontrados em forma de tabela (ver tabela 4). Nesta tabela serão apresentadas breves descrições do problema, bem como a localização onde estes problemas se encontram.

**Tabela 4 – Resumo dos problemas identificados por esta análise**

<b>Descrição do problema</b>	<b>Localização</b>
Baixa eficiência do processo de corte a laser	Máquina de corte a laser
Falta de normalização do <i>layout</i>	Posto de trabalho de corte a laser, armazém 2
Tempo gasto da movimentação de chapa	Posto de trabalho de corte a laser, armazém 2

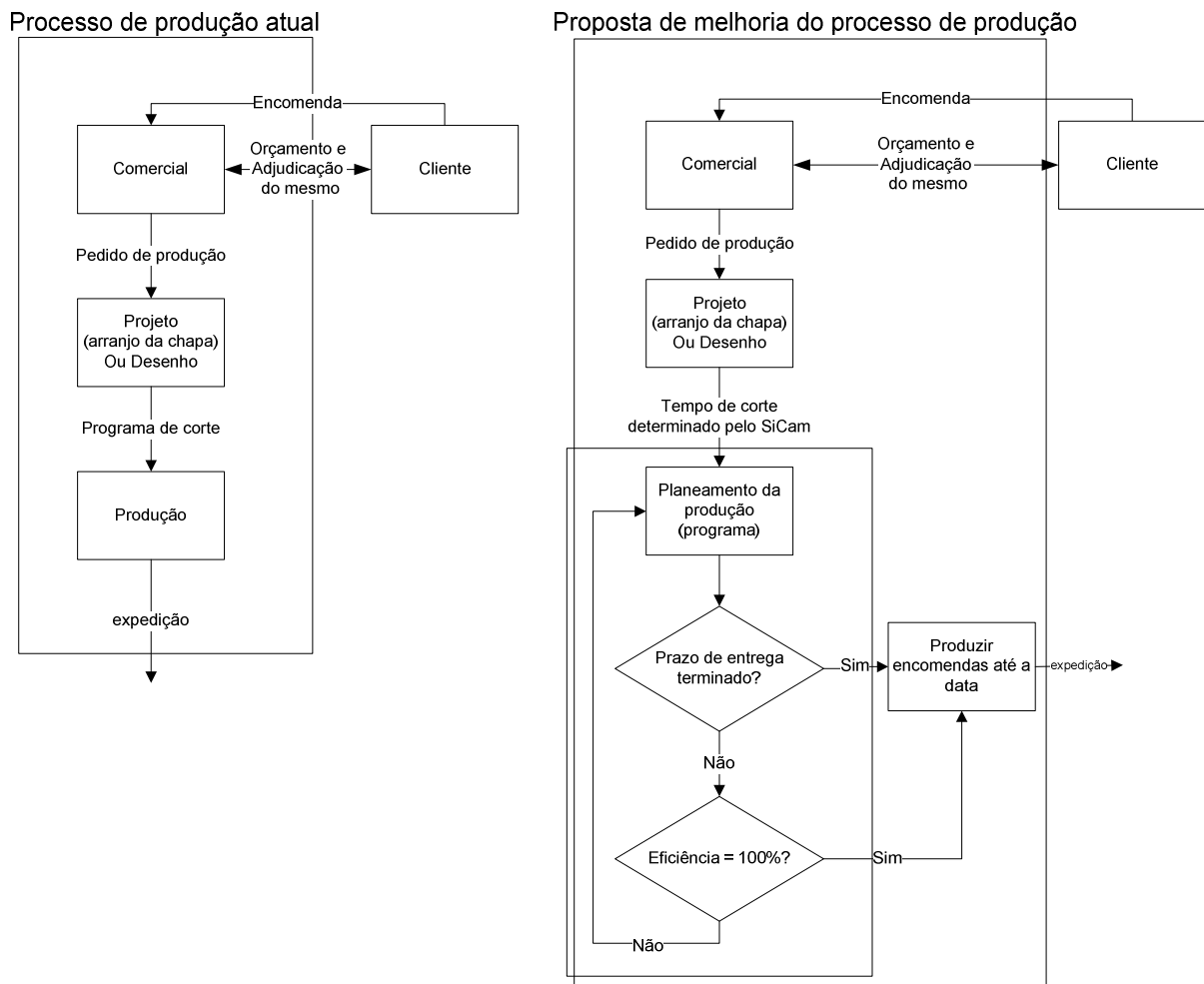
## 4. PROPOSTA DE MELHORIA

Seguem-se as propostas de melhoria que foram sugeridas por este trabalho. A primeira proposta está relacionada com a baixa eficiência no processo de corte a laser. Por sua vez, a segunda proposta passa pela reorganização do *layout* da Sermec Laser. A estratégia adotada neste caso passa pela aplicação de fundamentos da metodologia 5S no posto de trabalho de corte a laser. Outras alterações serão sugeridas e implementadas ao nível dos procedimentos deste processo de corte. O objetivo desta proposta foi criar um ambiente de trabalho mais organizado, seguro, limpo e mais eficiente.

### 4.1. BAIXA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE CORTE A LASER

Conforme já foi mencionado no capítulo anterior, o primeiro problema encontrado no processo de corte a laser foi a baixa eficiência deste mesmo processo. Isto acontece porque a máquina encontra-se ligada 8 horas por dia, mesmo quando não existe produção planeada para aquele dia. Isto faz com que o tempo de operação seja muito elevado, mais propriamente 480 minutos por dia (8 horas). Logo, se o tempo de operação a dividir pelo número de peças produzidas é mais elevado que o tempo ideal de ciclo, isto irá resultar numa baixa eficiência.

Para solucionar este problema, pensou-se numa alternativa para o fluxograma do processo de corte. Mais uma vez, será apresentado na figura 41 o fluxograma do processo atual de corte a laser, este irá servir de comparação entre o processo atual e o processo de corte a laser proposto por este plano de melhoria.



**Figura 41 – Comparação entre o processo atual de corte a laser e o processo proposto no plano de melhoria**

Como pode ser observado no fluxograma da figura 41, até esta data as encomendas eram produzidas conforme iam sendo recebidas. Ou seja, não havia nenhuma espécie de planeamento da produção para tentar acumular trabalhos semelhantes, minimizando os tempos de *setup* e os tempos improdutivos.

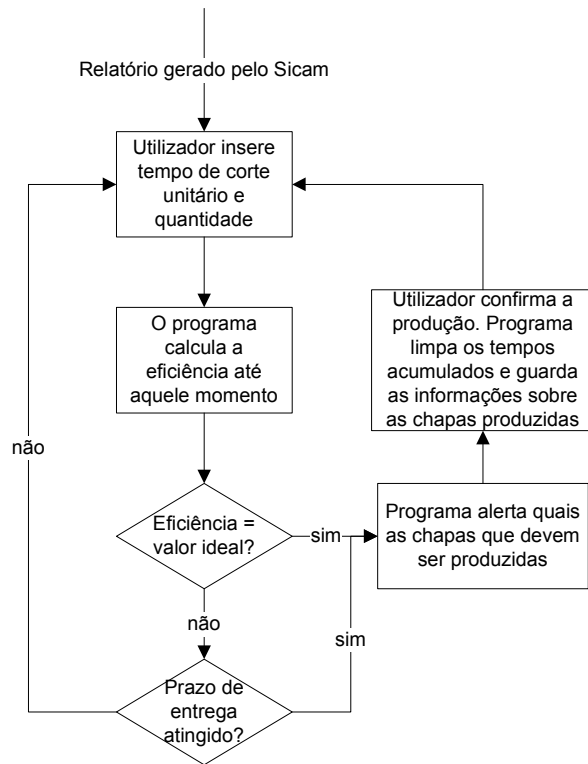
Esta proposta de melhoria do processo de corte a laser (a alteração proposta encontra-se destacada dentro do retângulo na figura 41) pretende introduzir uma espécie de

estrangulamento no processo, porém, desta vez, este estrangulamento terá uma influência positiva no processo. Ou seja, a partir do momento em que a encomenda está pronta a ser cortada e através do relatório gerado pelo *Sicam* é possível saber a duração deste corte. Este tempo será introduzido num programa que irá calcular a eficiência real naquele momento para este processo de corte. Esta eficiência será atualizada sempre que for inserido mais tempos de corte de novas encomendas. O programa será capaz de acumular todas estas encomendas até estas satisfazerem uma condição definida pelo utilizador do programa, ou seja, quando a eficiência for igual ao valor definido pelo mesmo utilizador. Porém, não só a eficiência será um fator determinante do arranque da produção de corte a laser. O programa também será capaz de armazenar a data em que uma encomenda deverá ser entregue ao cliente e lançar um aviso quando houver encomendas a finalizar este prazo.

A proposta de melhoria do processo de corte a laser espera trazer uma série de melhorias para a organização, entre estas se destacam as seguintes:

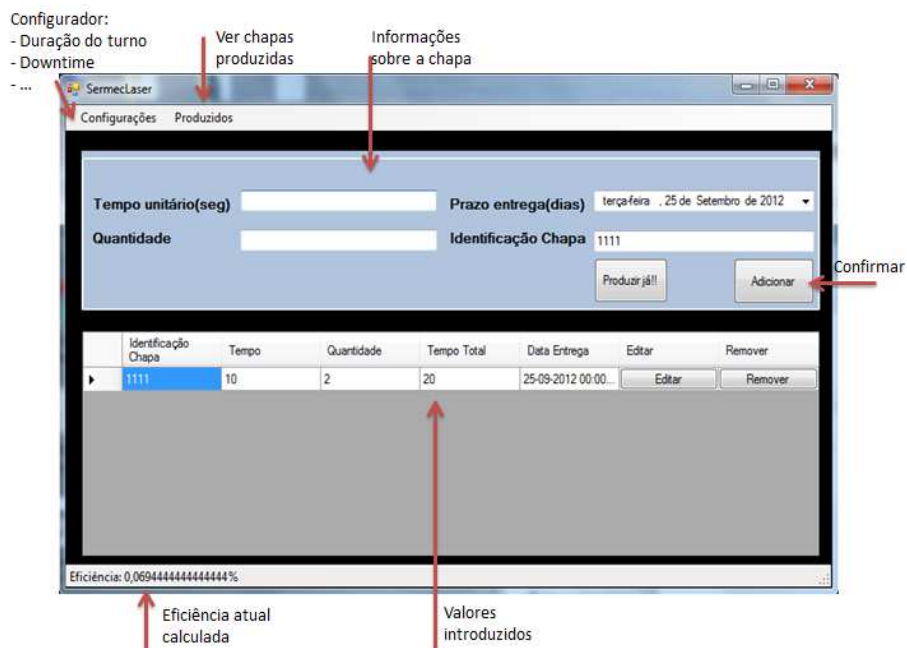
- Agrupar trabalhos de corte por materiais e espessuras, minimizando os tempos de setup e mudança de chapas;
- A máquina apenas estará ligada quando houver um volume de encomendas que justifique. Para isto, será considerado um valor estimado como ideal para a eficiência do processo (assegurando sempre os prazos de entrega);
- Quando a máquina não estiver ligada, o seu operador poderá estar ocupado com outras atividades;
- O responsável pelo planeamento da produção saberá sempre o estado da produção em qualquer momento e quais são as encomendas que ainda serão cortadas nesse dia.

Desta forma, foi construído um programa que teve por base o funcionamento da folha de cálculo desenvolvida para a avaliação do OEE do equipamento de corte a laser. De maneira a explicar o funcionamento do programa desenvolvido será apresentado um fluxograma na figura 42.



**Figura 42 – Fluxograma explicativo do programa de planeamento da produção**

A próxima imagem (ver figura 43) apresenta o programa que foi desenvolvido para cumprir com as necessidades explicadas no fluxograma anterior.



**Figura 43 – Programa de planeamento da produção desenvolvido**

Quando o utilizador selecciona o separador “Configurações” que pode ser visto na figura 42, o programa irá abrir uma nova janela (ver figura 44) onde poderão ser alteradas as definições do programa.

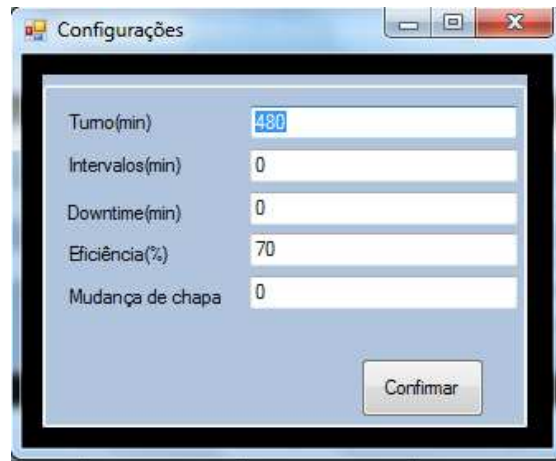


Figura 44 – Janela para configurar opções do programa

O utilizador ao introduzir as informações presentes no relatório do *Sicam* deverá especificar o prazo de entrega de cada peça que introduz. Para isso, poderá escolher a data no calendário que é apresentado na figura 45.

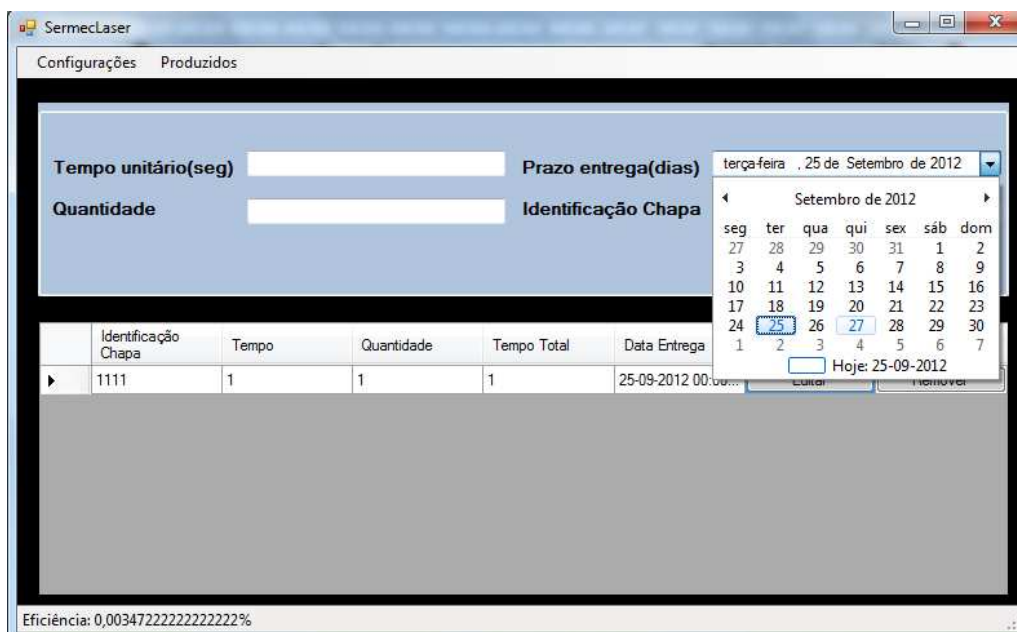
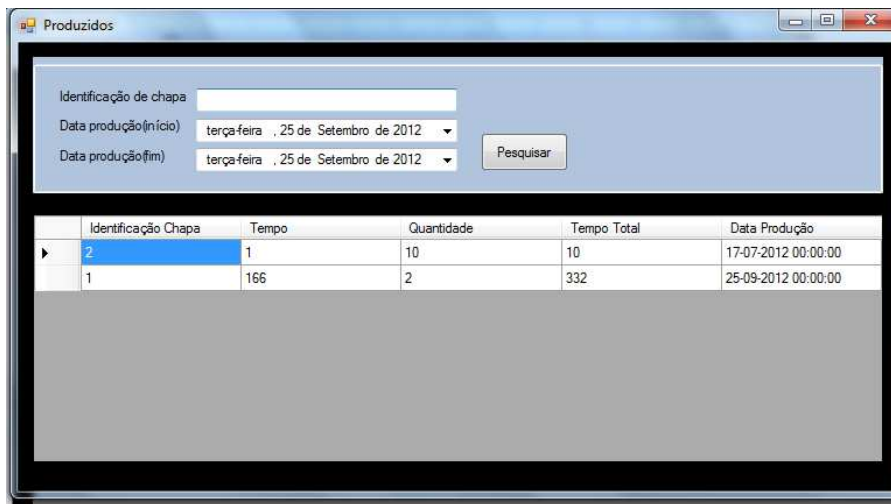


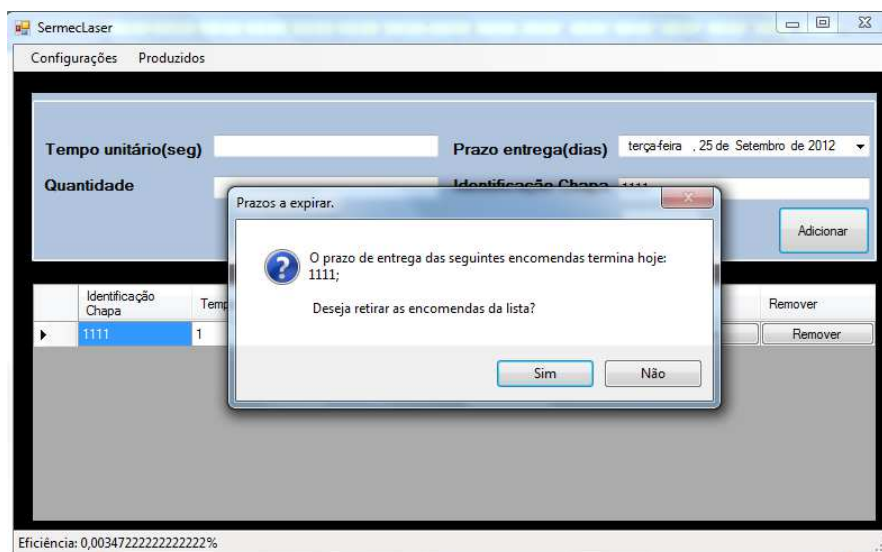
Figura 45 – Definição do prazo de entrega das encomendas

Quando o utilizador seleciona o separador “Produzidos” o programa irá abrir a janela apresentada na figura 46. Nesta janela é possível fazer uma pesquisa por identificação de chapa ou por datas de produção de tudo o que já foi produzido até ao momento. Como por exemplo, a chapa número 2 que continha dez peças com um tempo de corte de um segundo por cada peça foi cortada no dia 17/07/2012.



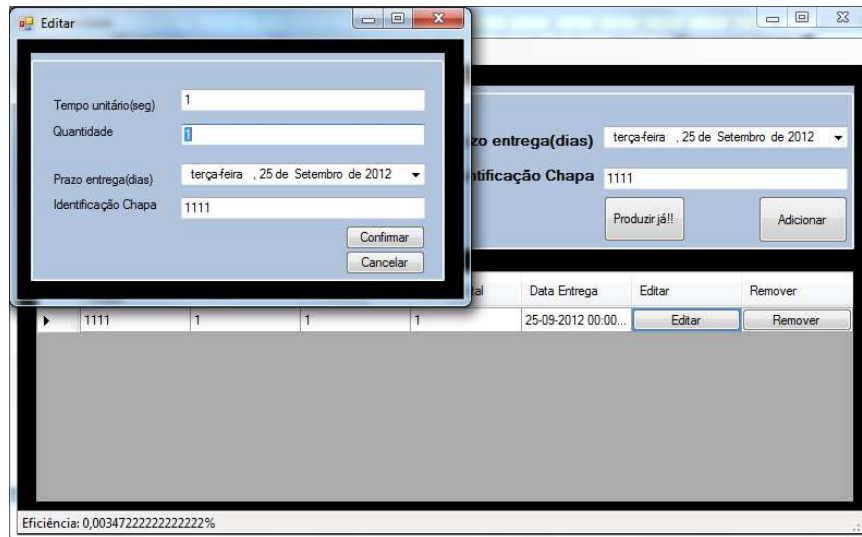
**Figura 46 – Janela de apresentação das chapas produzidas**

Como já foi mencionado, o programa tem que alertar quando uma encomenda está a chegar ao fim do seu prazo de entrega, mesmo quando a eficiência não seja igual ao valor definido como limite. Na figura 47 está exemplificado o que acontece quando uma encomenda atinge a sua data de entrega.



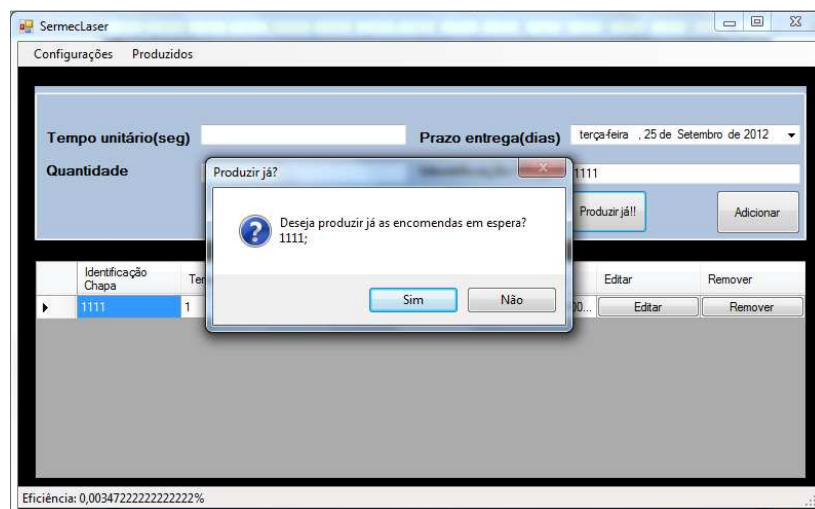
**Figura 47 – Alerta de fim do prazo de entrega**

Caso aconteça alguma alteração numa encomenda, esta poderá ser atualizada em qualquer altura. Para isso, o programa dispõe de uma opção de edição para cada encomenda. Valores como o tempo unitário, a quantidade, o prazo de entrega e a identificação da chapa poderão ser atualizados a qualquer momento. Também é possível remover por completo uma encomenda (ver figura 48).



**Figura 48 – Edição de valores de uma encomenda já lançada no programa**

A última função deste programa a ser apresentada chama-se “Produzir já!!!”. O utilizador poderá decidir por produzir a lista de encomendas que tem em espera mesmo que estas não tenham atingido a eficiência pretendida ou algum prazo de entrega (ver figura 49).



**Figura 49 – Opção de lançar a produção em qualquer momento**

De forma a validar a utilização deste programa foram reintroduzidos os tempos e quantidades de corte a laser durante a primeira semana do mês Maio no programa desenvolvido. Esta ação teve o objetivo de tentar encontrar o número mínimo de dias que seriam necessários para cumprir com todas as encomendas recebidas durante essa semana analisadas anteriormente. Para isto, foi considerado com eficiência ideal o valor máximo obtido durante os 20 dias avaliados, ou seja, 68% de eficiência. Os valores obtidos encontram-se apresentados na tabela 5.

**Tabela 5 – Validação do programa de planeamento da produção**

<b>Antes</b>		<b>Depois</b>	
<b>Número do dia</b>	<b>Eficiência alcançada</b>	<b>Número do dia</b>	<b>Eficiência alcançada</b>
1	51,93%	1	51,93%
2	23,30%	2	55,05%
3	33,38%	3	39,19%
4	21,26%		
5	17,93%		

Como é possível ver na tabela 5, é possível ligar a máquina de corte a laser apenas três dias de forma a cumprir com todas as encomendas recebidas. Por exemplo, durante esta semana, a máquina poderia ter estado desligado na terça e na quinta-feira. Isto traria uma redução de 16 horas de trabalho desnecessárias para a máquina durante a semana analisada, ou seja, menos 40% de horas.

Tabela 6 – Comparação entre os custos de produção para as duas situações em estudo

Atual				Com proposta de melhoria			
Custo de arranque da maq. (€/arranque): 300 Custo de operação em não corte (€/hora): 5 Número de arranques: 5				Custo de arranque da maq. (€/arranque): 300 Custo de operação em não corte (€/hora): 5 Número de arranques: 3			
	Eficiência	h. corte	h. ã corte		Eficiência	h. corte	h. ã corte
Segunda-feira	52%	4,15	3,85	Segunda-feira	52%	4,15	3,85
Terça-feira	23%	1,86	6,14	Quarta-feira	55%	4,40	3,60
Quarta-feira	33%	2,67	5,33	Sexta-feira	39%	3,14	4,86
Quinta-feira	21%	1,70	6,30				
Sexta-feira	18%	1,43	6,57				
Total horas não corte (h)			28,18	Total horas em não corte (h)			12,31
Custo semanal			1.640,88€	Custo semanal			961,53 €

Tal como era previsto, a situação atual é a mais penalizadora monetariamente. Isto acontece pelo fato dos custos de arranque e de operação em não corte serem iguais para as duas situações, porém, na situação actual existem mais horas em não corte e o número de arranques é superior à solução conforme a proposta de melhoria.

#### 4.2. REORGANIZAÇÃO DO LAYOUT DA SERMEC LASER

Segue-se a descrição das melhorias implementadas com vista a diminuir os problemas de organização do layout da Sermec Laser. O primeiro plano abordado passou pela aplicação da metodologia 5S no posto de trabalho de corte a laser.

## 4.2.1. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA 5S NO POSTO DE TRABALHO DE CORTE A LASER

### 4.2.1.1. 1º PASSO - SELECIONAR

O primeiro passo serviu para eliminar tudo aquilo que não era necessário junto ao posto de trabalho libertando espaço que antes estava desnecessariamente ocupado. Posto isto, este posto de trabalho encontrava-se bastante desorganizado derivado principalmente da acumulação de retalhos oriundos do corte a laser. Isso acontece porque nem toda a chapa é aproveitada no corte. Porém, estes retalhos não podem ser enviados para a sucata visto que alguns ainda apresentam espaço disponível para serem cortadas peças menores. Alguns destes retalhos que estavam guardados nunca seriam aproveitados para cortar nenhuma peça dado ao seu pequeno tamanho. Assim, a primeira coisa a ser feita é verificar se realmente todos os retalhos são reaproveitáveis, os que não forem devem ser enviados para a sucata.

Outra medida que foi tomada passa pela organização das folhas representativas das ordens de produção. Como pode ser visto na figura 50, não existia um lugar fixo para a colocação dessas folhas. Esta situação poderia originar o desaparecimento de algumas ordens de produção no posto de trabalho de corte a laser ou também alterar o seu seguimento.



**Figura 50 – Acumulação de ordens de produção junto ao posto de trabalho de corte a laser**

#### 4.2.1.2. 2º PASSO - SISTEMATIZAR

Neste passo procura-se identificar os materiais e colocá-los em lugares fixos para facilitar a sua procura e utilização. Neste caso, é necessário organizar as chapas por material e espessura e colocá-las em paletes separadas. As paletes também podem estar empilhadas no máximo de duas ou três unidades para minimizar o espaço ocupado por estas. Estas paletes foram colocadas em locais estratégicos conforme a sua utilização, ou seja, os retalhos deveriam estar próximos dos postos de trabalho correspondentes (ver figura 51).

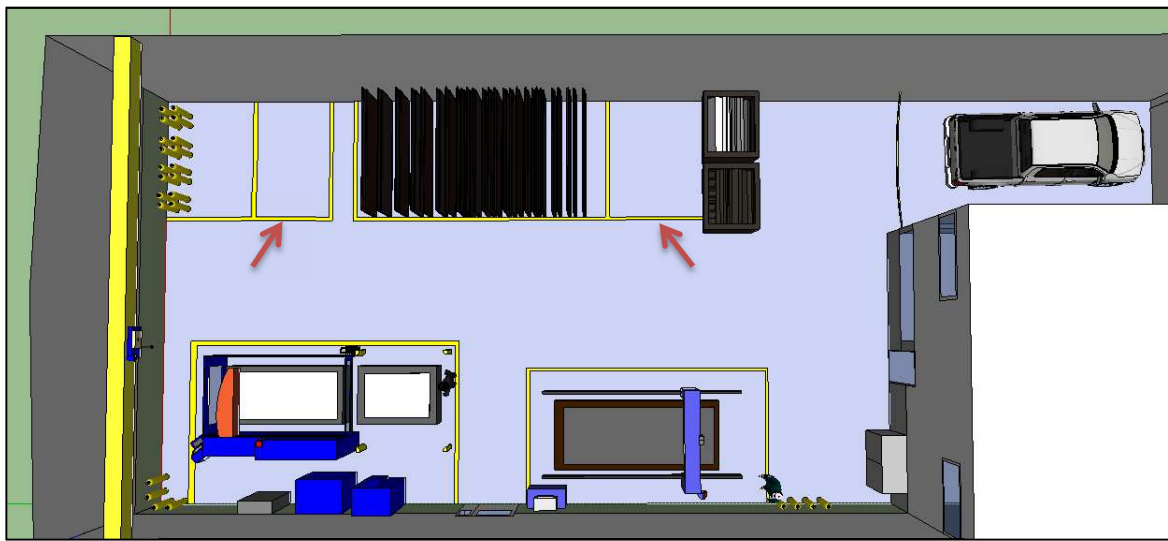


Figura 51 – Zonas para retalhos de chapas

A figura 52 apresenta as paletes que passaram a guardar os retalhos reaproveitáveis.



Figura 52 – Paletes para armazenar retalhos de chapa

Finalmente, depois de arrumado todos os retalhos de chapa que se encontravam espalhados pela oficina, foi possível apresentar uma imagem comparativa do antes e do depois desta ação (ver figura 53). Sugere-se que as zonas estejam marcadas com riscas amarelas no chão para delimitar os espaços, conforme indicado na figura 40.



Figura 53 – Comparação entre o antes e o depois das alterações efetuadas

A última proposta de alteração diz respeito ao problema da falta de organização das folhas de ordens de produção. De forma a criar um local fixo para armazená-las optou-se por adquirir um arquivador com duas prateleiras (ver figura 54). Na prateleira de baixo encontram-se as ordens que já foram produzidas e, por sua vez, na parte de cima da prateleira estão as ordens que serão produzidas. A pessoa responsável pela gestão da produção coloca nesta prateleira as ordens que serão produzidas no processo de corte a laser pelo método FIFO (*first in, first out*), ou seja, a primeira ordem a chegar será a primeira a ser cortada. O operador da máquina fica responsável por seguir essa regra.



**Figura 54 – Arquivador de ordens de produção**

#### **4.2.1.3. 3º PASSO - LIMPAR**

Tendo em conta que a metalomecânica é uma área com atividades que produzem alguma sujidade, é necessário haver atividades de limpeza constantes e que sejam levadas com rigor. Desta forma, no final de cada turno cada operador deve limpar o seu posto de trabalho, deixando todo o material no seu devido lugar e pronto para ser utilizado no dia seguinte. Além desta ação diária, no final de cada semana (sexta-feira) é feita uma limpeza rigorosa a toda a área. As zonas de movimentação e outras áreas que não sejam postos de trabalho são de responsabilidade da equipa de limpeza, porém, cabe a todos ajudar nesta tarefa, principalmente evitando sujar os espaços comuns. Contudo, esta obrigação não é

apenas dos operadores, a gestão da empresa fica também responsável por garantir a existência de material de limpeza e zelar pelas suas boas condições.

#### 4.2.1.4. 4º PASSO - NORMALIZAÇÃO

Este passo tem o objetivo de normalizar todo o processo de melhoria aplicado até agora. Desta forma, pretende-se manter as condições ideais no posto de trabalho e garantir a realização de normas para manter os procedimentos efetuados nos 3S anteriores.

Quanto à arrumação das paletes com os retalhos, o próximo passo será etiquetar estas paletes de forma a ser possível identificar qual o material e espessura que cada paleta armazena.

Outra norma desenvolvida internamente foi a criação de uma tabela com os bicos de corte que seriam utilizadas no processo de corte a laser. Esta tabela já existia, porém encontrava-se em mau estado e sem local fixo. Criou-se então uma nova folha que foi colocada na parte de trás da consola da máquina de corte laser. Esta folha encontra-se no anexo A (ver figura 55).



**Figura 55 – Afixação da tabela com os bicos de corte a utilizar no processo de corte a laser**

Finalmente, espera-se que os operadores tenham consciência da melhoria alcançada e evitem voltar às condições no momento anterior da implementação da melhoria. Desta forma, decidiu-se que será afixada junto ao posto de trabalho uma impressão da fotografia do antes e do depois da melhoria.

#### **4.2.1.5. 5º PASSO - SUSTENTAR**

Mais importante do que implementar uma melhoria é garantir que esta será mantida como um trabalho diário na manutenção do sistema, garantindo que tudo é cumprido conforme foi definido no plano de melhorias. Isto significa que todas as pessoas envolvidas no processo deverão manter o 5S como um hábito.

Recomenda-se que sejam feitas auditorias internas para serem verificadas quais são as melhorias sentidas com a implementação do método 5S e garantir que estas sejam cumpridas. Nestas auditorias deverão ser avaliados uma série de fatores que sejam considerados importantes, entre eles destacam-se os seguintes:

- Os retalhos estão a ser armazenados nas paletes corretas?
- Os retalhos que não se aproveitam estão a ir para a sucata ou estão a ser erradamente armazenados?
- As ordens de produção estão a ser guardadas no local correto?
- A limpeza dos postos de trabalho está a ser feita com a periodicidade correta?
- As ferramentas estão armazenadas nos locais correto?

#### **4.2.2. ALTERAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE CHAPAS E RETALHOS DE CHAPAS NO ARMAZÉM 2 (JATO DE ÁGUA)**

Esta alteração foi dividida em duas intervenções. A primeira parte teve o mesmo objetivo de eliminar os retalhos que não eram reaproveitáveis e, por sua vez, armazenar de forma correta os retalhos que poderiam ser reaproveitados. A figura 56 mostra o antes e o depois desta medida.



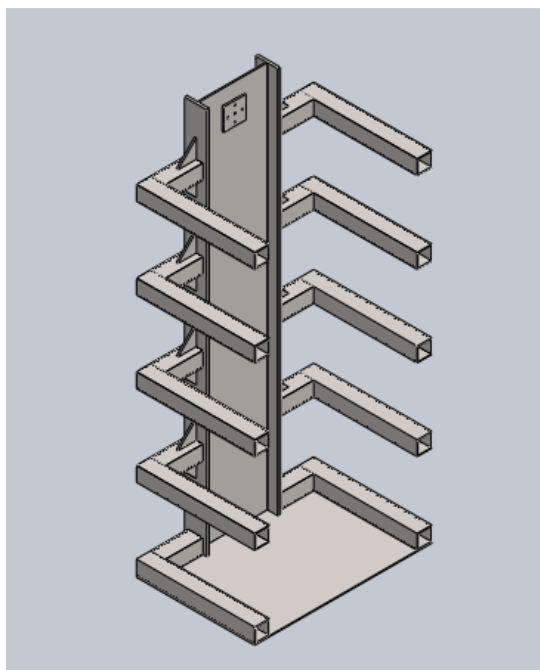
**Figura 56 – Antes e depois da arrumação de retalhos de chapa no armazém 2**

A segunda intervenção foi sobre a organização dos lotes de chapas inteiras que encontram-se neste armazém. Acontecia que devido ao espaço ocupado pelos retalhos de chapas, os lotes de chapas inteiras não estavam organizados, estes apenas limitavam-se a ocupar o espaço que estava livre. Com esta intervenção, procurou-se organizar todos estes lotes no mesmo lugar e de forma mais organizada possível. A figura 73 representa o antes e o depois desta ação.



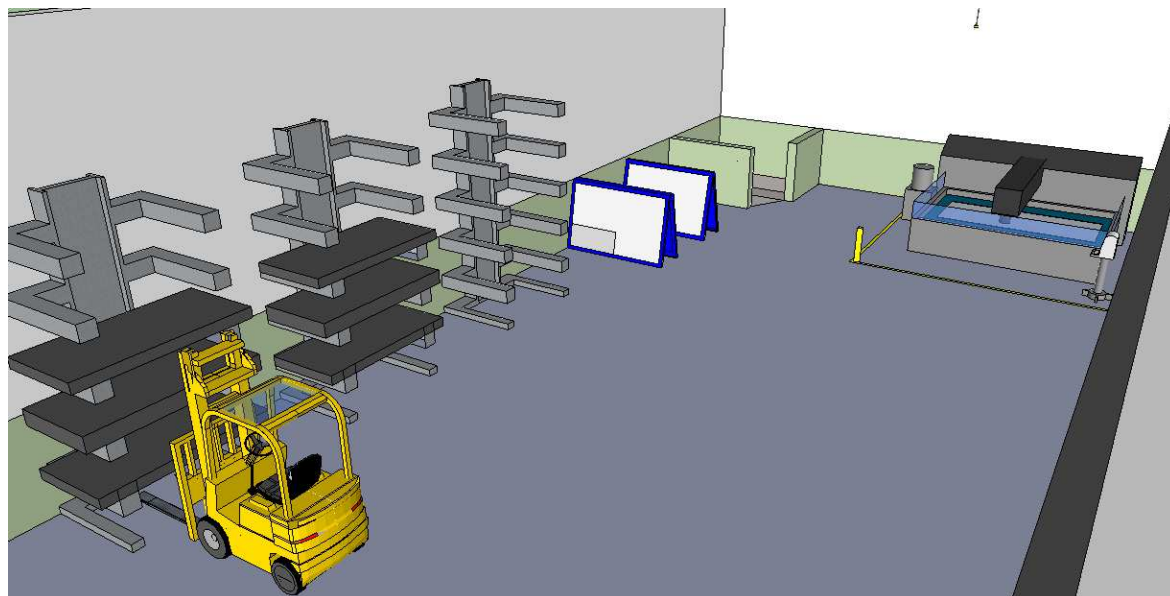
**Figura 57 – Antes e depois da organização dos lotes de chapas**

Até a data da finalização deste relatório apenas esta melhoria estava implantada. Porém, existe um estudo em curso para a construção de um suporte para os lotes de chapas. A figura 58 apresenta o projeto realizado no *software SolidWorks*.



**Figura 58 – Suporte de lotes de chapas inteiras**

Este estudo passa por construir um número mínimo de três suportes iguais ao da figura 58. Estes serão colocados no armazém 2 conforme indicado na figura 59.



**Figura 59 – Localização dos suportes de lotes de chapas no armazém 2**

As primeiras três prateleiras deverão suportar uma carga máxima de 10 toneladas e, por sua vez, as prateleiras de cima deverão suportar uma carga máxima de 7 toneladas. Os lotes serão carregados para o suporte por empilhador.

#### **4.3. ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE MOVIMENTAÇÃO DE CHAPAS PARA O PROCESSO DE CORTE A LASER E DE PEÇAS FINALIZADAS**

Tal como já foi dito anteriormente, um dos problemas encontrados durante a realização deste trabalho foi o transporte de chapas para o processo de corte a laser. Para resolver este problema, pensou-se em criar um meio de transportar as chapas de um armazém para o outro. Esta solução não poderia ter mais que 1,20m de largura para poder passar na porta que liga os dois armazéns. A solução criada foi uma espécie de carrinho em formato de cavalete para transportar as chapas na vertical. Este carrinho está apresentado na figura 60.



**Figura 60 – Carrinho para movimentação de chapas**

As próximas imagens apresentadas na figura 61 mostram o procedimento utilizado para movimentar as chapas que serão utilizadas para alimentar o processo de corte a laser.



**Figura 61 – Procedimento para a movimentação de chapa entre os dois armazéns**

Nas duas primeiras imagens, como se tratava de chapa extremamente fina (um milímetro de espessura), foram necessárias duas pessoas para carregarem a chapa para o carrinho devido à flexão da chapa. Porém, em outros tipos de chapas, apenas uma pessoa é necessária para carregar a chapa utilizando a ponte rolante, como pode ser visto na última imagem da sequência apresentada na figura 61.

Finalmente, o processo de movimentação de peças finalizadas também foi alterado. Criaram-se dois tipos de carrinhos para movimentar as peças finalizadas (ver figura 62). O primeiro modelo desenvolvido serve para movimentar e armazenar as peças de inox que não podem arranhar o tratamento superficial. O segundo modelo, de menores dimensões, serve para movimentar de forma prática e rápida as peças menores entre os postos de trabalho. Estes carrinhos servem também para levar as peças terminadas para a zona de expedição.



**Figura 62 – Carrinhos de movimentação de peças acabadas**

## 5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Finalizando este projeto, e tendo em conta a situação final do processo de corte a laser, pode-se dizer que é evidente a existência de uma melhoria significativa face ao ponto de partida. Desta forma, e tendo em conta os objetivos traçados no início deste projeto, considera-se que os mesmos foram concluídos com sucesso.

Espera-se que com a utilização da nova ferramenta de planeamento da produção, a empresa possa alcançar uma maior eficiência para o processo de corte a laser. Admite-se que com o tempo esta possa sofrer ajustes, porém, a validação apresentada neste projeto demonstra a capacidade de aumento de eficiência que esta proposta poderá trazer para a empresa.

Por sua vez, o método 5S contribuiu para organizar e normalizar o posto de trabalho de corte a laser. Este posto encontra-se atualmente com maiores áreas livres de equipamentos e retalhos de chapa que não tinham utilidade nenhuma. Ainda na continuidade deste capítulo, foram feitas algumas alterações no *layout* da empresa, no método de movimentações e armazenamento de chapas.

Finalmente, sem esquecer que também era objetivo deste projeto, incutir uma mentalidade de melhoria contínua em todas as pessoas envolvidas no processo. Pode-se

considerar que também neste campo o projeto cumpriu com o seu objetivo, visto que sem a vontade de melhorar e o apoio dos operadores, diretores de produção, responsáveis comercial e da gestão de topo da empresa, nada disto seria possível.

Por outro lado, e tendo em conta trabalhos futuros, poderão ser salientados os seguintes aspetos:

- Inclusão do programa de planeamento de produção desenvolvido neste projeto no novo *software* de gestão de encomendas da Sermec Laser;
- Finalização do projeto de estantes para o armazenamento de chapas;
- Realizar propostas de melhoria para o processo de oxicorte e corte por jato de água;
- Incentivar as outras empresas do grupo a realizarem projetos semelhantes nos seus processos.

## *Referências Documentais*

1. Womack, J., D. Jones, et al., *Machine That Changed The World*, 1991, Productivity Press.
2. Pinto, J.P., *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. 2009: LIDEL.
3. Ohno, T., *Toyota Production System: Beyond large-scale production*. 1988: Productivity Press.
4. João Paulo Pinto, C.L.T. *Criar Valor Eliminando Desperdício*. 2008 [cited 2012; Available from: [http://www.leanthinkingcommunity.org/livros\\_recursos/Joao%20Pinto%20Introducao%20ao%20Lean%20Thinking.pdf](http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/Joao%20Pinto%20Introducao%20ao%20Lean%20Thinking.pdf).
5. Toyota. *Toyota Production System*. 2012 [cited 2012; Available from: <http://www.toyota.com.au/toyota/company/operations/toyota-production-system>.
6. Deming, W.E., *Out of the Crisis*. 1986: MIT Center for Advanced Engineering Study.
7. Pinto, J.P. *Melhoria Contínua – Compromisso a longo-prazo com a mudança*. 2009 [cited 2012; Available from: [http://www.slideshare.net/Comunidade\\_Lean\\_Thinking/melhoria-contnua](http://www.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking/melhoria-contnua).
8. Brasil, Q., *Quadro kanban*, 2012.
9. Ferramentas, B., *Painel de ferramentas convencionais SUZUKI Básico*, 2012.
10. 4Lean. *Gestão Visual*. 2012; Available from: [http://www.4lean.net/cms/images/stories/demo/4\\_lean\\_horizontal\\_zonning.png](http://www.4lean.net/cms/images/stories/demo/4_lean_horizontal_zonning.png).
11. Alibaba, *Painel andon*, 2012.
12. Blogspot, E.d.P.-. *Value Stream Mapping - VSM*, 2010.
13. Womack, J.P.a.D.T.J., *Lean Thinking*, 2003, Free Press.
14. Wise, T. *Time Wise solution*. 2012; Available from: [http://www.timewisems.com/time\\_wise\\_solutions.html](http://www.timewisems.com/time_wise_solutions.html).
15. Impact, O. *OEE Reports*. 2012; Available from: [http://www.oeimpact.com/OEE\\_Software\\_Reports.htm](http://www.oeimpact.com/OEE_Software_Reports.htm).
16. Stadnicka, D., *Método 5s*, 2012.



## Anexo A. Tabela de bicos de corte



**Equipamento:** Máquina corte laser Prima CP-4000

**Título do documento:** Tabela de bicos de corte

**Elaborada por:** Vitor Madureira

**Data de criação do documento:** 10-09-12

Bico	Material Ferro Espessura
1,75	0.5mm até 6 mm
2	6 mm até 8 mm
2,5	10 mm até 12 mm
3	10 mm até 20 mm

Bico	Material Inox Espessura
1,5	0.5mm até 3 mm
2	3 mm até 4 mm
2,5	4 mm até 8 mm
3	8 mm até 16 mm

---

Assinatura