

UNIVERSIDADE FEEVALE

WILLIAM CAETANO FARIAS

ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS NO
PROCESSO PRODUTIVO DE CORTE LASER

Novo Hamburgo
2012

WILLIAM CAETANO FARIAS

ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS NO
PROCESSO PRODUTIVO DE CORTE LASER

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Industrial, Habilitação em
Engenharia Industrial Mecânica pela
Universidade Feevale.

Prof. Orientador : Me. Fabiano André Trein

Novo Hamburgo
2012

WILLIAM CAETANO FARIAS

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Industrial Mecânica, com título Análise e proposta de melhorias para redução das perdas no processo produtivo de corte Laser, submetido ao corpo docente da Universidade Feevale, como requisito necessário para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Industrial – Habilitação Mecânica.

Aprovado por:

Professor: Me. Fabiano André Trein
Professor Orientador

Eng° Alexandre Muskopf

Professor: Me. Ramon Fernando Hans

Professor: Me. Felipe Morais Menezes

Novo Hamburgo, Dezembro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por ter me dado a oportunidade de realizar esta etapa da minha vida e por estar sempre comigo.

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e motivando, me ajudando a enfrentar os momentos difíceis, seja com uma palavra amiga ou com seus exemplos.

As minhas irmãs Fernanda e Aline e meu sobrinho Lucca, pelo carinho e amor.

Aos meus colegas de curso, que se tornaram grandes amigos, obrigada por todos os momentos.

Aos colegas e amigos da Máquinas Kehl LTDA que colaboraram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Fabiano, pela dedicação e por todo o apoio na realização deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho original”.
(Albert Einstein)

RESUMO

No momento em que a economia atual se encontra, enfrentando uma crise financeira mundial, redução do consumo, variação nas taxas de câmbio e mercado competitivo, as indústrias que desejam manter-se estáveis no mercado, produzindo bens de consumo ou prestando serviços, terão de adequar-se para uma melhora contínua, visando à redução de custos, como forma de aumento do lucro. Sendo o enfoque dos mais diferentes ramos da indústria, a produção de produtos variados, com alto valor agregado e em pequenas quantidades, assim é necessária flexibilidade, agilidade e confiabilidade dos sistemas produtivos. A partir deste cenário, o Sistema Toyota de Produção (STP) destaca-se na procura pela redução de custos e pelo aumento da eficiência. Este trabalho objetiva apresentar através de um estudo de caso, a adaptação de um método para a identificação e redução das 7 classes de perdas apresentadas no STP. O método para redução das 7 perdas será apresentado em forma de sugestões de melhorias, que possivelmente venham a ser aplicadas no Setor de Corte Laser em estudo. Este trabalho é importante para a identificação e redução das perdas que ocorrem em sistemas produtivos, pois, o mesmo possibilita uma melhora na produtividade e redução dos custos. A partir da adaptação do método, foi possível identificar as perdas que ocorrem no processo produtivo, e assim propor melhorias para o setor em estudo.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção (STP). 7 Perdas. Corte Laser de chapas.

ABSTRACT

At the moment the current economy is facing a global financial crisis, consumption reduction, variation in exchange rates and competitive market, the industries that wish to remain stable in the market, producing consumer goods or providing services, will have to adapt for continual improvement, aiming at cost reduction as a way to increase profit. Being the focus of the different branches of industry, producing varied products with high added value and small quantities, so it is necessary flexibility, agility and reliability of production systems. From this scenario, the Toyota Production System (TPS) stands out in the search for cost reduction and increased efficiency. This paper aims to present via a case study, an adaptation method for the identification and reduction of 7 classes of losses presented in TPS. The method for reducing the 7 losses will be presented in the form of suggestions for improvements, which may possibly be applied in the Laser Cutting Department in study. This work is important to identify and reduce losses that occur in production systems, because it allows a productivity improvement and cost reduction. From the adaptation of the method, it was possible to identify the losses that occurred in the production process, and to propose improvements for the department under study.

Keywords: Toyota Production System (TPS). 7 losses. Sheet Laser Cutting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A estrutura da produção.....	20
Figura 2 - Princípio de custo.....	23
Figura 3 - Princípio do não-custo	23
Figura 4 - Componentes do movimento dos trabalhadores.....	24
Figura 5 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> das causas das perdas por superprodução.....	25
Figura 6 - Caracterização dos tipos de perdas por transporte.....	26
Figura 7 - Esquema geral de melhorias no processamento/fabricação.....	28
Figura 8 - Relação de causa e feito entre erro e defeito.	29
Figura 9 - Matriz de Perdas	35
Figura 10 - Esquema ilustrativo de um Laser de rubi.	38
Figura 11 - Laser é luz	39
Figura 12 - Esquema elementos do Laser	40
Figura 13 - Esquema simples de um Laser de CO ₂	41
Figura 14 - Sistema de troca automática de nozzle e sistema de carga e descarga de chapa	42
Figura 15 - Princípio de funcionamento corte Laser.....	43
Figura 16 - Máquina 6205 S.....	50
Figura 17 - Modelo 600 Sampa	51
Figura 18 - Dobra CNC	51
Figura 19 - Máquina de corte Laser TRUMPF 3030.....	53
Figura 20 - Máquina Dobradeira Durma.....	53
Figura 21 - Fluxograma Fornecimento Peças	57
Figura 22 - Matriz das perdas.....	65
Figura 23 - Setor de corte Laser.....	72
Figura 24 - Transporte de chapa para o corte	73
Figura 25 - Peças a serem conferidas e embaladas	78
Figura 26 - Visão da tela de corte e seus parâmetros.....	80
Figura 27 - Separação de peças	81
Figura 28 - Sucata de chapa	82
Figura 29 - Estoque interno de chapas	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Custo mão-de-obra com as perdas	69
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - 14 princípios do Sistema Toyota de Produção	19
Quadro 2 - Matriz de Quantificação das perdas	36
Quadro 3 - Etapas e atividades para priorização das perdas.....	59
Quadro 4 - Matriz de quantificação das perdas.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

CNC – Comando Numérico Computadorizado

CO₂ – dióxido de carbono

He – hélio

JIC– *Just-in-case*

JIT– *Just-in-time*

M.P. – matéria-prima

mm – milímetros

m² – metro quadrado

M.O. – mão-de-obra

N₂ – nitrogênio

Ne – neônio

N.C. – Não-conformidade

O.P. – Ordem de Produção

PCP – Programação e Controle da Produção

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM (MPT) – Manutenção Produtiva Total

TRF – Troca Rápida de Ferramenta

ZAC – Zona Afetada pelo Calor

W/mm² – Watts por milímetro ao quadrado

µm – micrometro

kW – quilowatts

m/min – metros por minuto

Laser – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* - amplificação da luz por emissão estimulada de radiação

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	16
1.1 A ESTRUTURA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	17
1.1.1 Mecanismo da função produção.....	19
1.2 PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	20
1.2.1 <i>Just-in-time</i>	20
1.2.2 Autonomia.....	21
1.3 O PRINCÍPIO DO NÃO-CUSTO	22
1.4 ANÁLISE DAS PERDAS EM SISTEMAS PRODUTIVOS.....	23
1.4.1 Perdas por superprodução	25
1.4.2 Perdas por transporte	26
1.4.3 Perdas no processamento em si	27
1.4.4 Perdas por fabricação de produtos defeituosos.....	28
1.4.5 Perda por estoque	30
1.4.6 Perdas por espera	31
1.4.7 Perda por desperdícios de movimentos.....	32
1.5 FERRAMENTAS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	32
1.5.1 Troca Rápida de Ferramenta (TRF)	33
1.5.2 TPM – Manutenção Produtiva Total	34
1.6 MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DAS PERDAS.....	35
2 CORTE LASER	38
2.1 HISTÓRIA DO LASER	38
2.2 LASER	39
2.3 TIPOS DE LASER.....	40
2.4 CARACTERÍSTICAS DAS MÁQUINAS DE CORTE LASER.....	42
2.5 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO CORTE POR LASER.....	43
2.5.1 Características do corte.....	43
2.5.2 Materiais utilizados para corte	44
2.5.3 Gás de assistência	44
2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CORTE LASER.....	45
3 METODOLOGIA	47
3.1 TIPOS DE PESQUISA.....	47
3.2 COLETA DE DADOS	49
3.3 ANÁLISE DOS DADOS	49
4 ESTUDO DE CASO	50
4.1 A EMPRESA MÁQUINAS KEHL LTDA.....	50
4.2 SETOR DE CORTE LASER.....	52
4.2.1 Estrutura funcional do setor de Corte Laser	54
4.2.2 Atividades realizadas pelo setor de Corte Laser.....	54

4.3 O MÉTODO ADAPTADO PARA IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DAS PERDAS	58
4.4 IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO PARA REDUÇÃO DAS PERDAS	62
4.4.1 Formação e esclarecimentos da equipe de trabalho	62
4.4.2 Determinação das etapas do processo a serem analisados.....	62
4.4.3 Identificação das perdas segundo o STP	63
4.4.4 Construção da matriz das perdas	64
4.4.5 Quantificação e priorização das perdas.....	66
4.4.6 Sugestão de melhorias para redução das perdas	70
4.4.6.1 <i>Sugestão adicional</i>	83
CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXOS	89
ANEXO A - Modelo desenho padrão para orçamento	89
ANEXO B - Tabela coeficientes (aço) de dobra CNC	90
ANEXO C - Tabela de matérias (aços) mantidos em estoque	91
ANEXO D - <i>Layout</i> setor de laser da Máquinas Kehl LTDA.....	92

INTRODUÇÃO

No momento em que a economia atual se encontra, enfrentando uma crise financeira mundial, redução do consumo, variação nas taxas de câmbio e mercado competitivo, as indústrias que desejam manter-se estáveis no mercado, produzindo bens de consumo ou prestando serviços, terão de adequar-se para uma melhora contínua, visando à redução de custos, como forma de aumento do lucro.

Durante muitos anos as empresas produziram produtos em grande escala e com pouca variedade, visando alcançar o menor custo unitário, assim obtendo um preço competitivo no mercado. Este sistema de produção ficou conhecido como Sistema de Produção em Massa ou Taylorista/Fordista, este sistema utiliza como base a fragmentação do trabalho, a repetição como método de especialização e foco na tarefa.

Este modelo de produção tinha como objetivo a produtividade e o custo, e não dava ênfase à redução das perdas que ocorriam dentro do processo de produção, pois estas perdas eram absorvidas pelo grande volume de produtos produzidos. Mas diante da realidade atual, onde o mercado não possui capacidade de consumir grandes quantidades e produtos padronizados, este sistema se tornou obsoleto.

No presente momento o enfoque dos mais diferentes ramos da indústria é a produção de produtos variados, com alto valor agregado e em pequenas quantidades. Assim é necessária flexibilidade, agilidade e confiabilidade dos sistemas produtivos, para obtenção de um desempenho satisfatório neste novo modelo de produção.

A partir deste novo cenário em que o sistema de produção se encontra, o sistema mais estudado e implantado é o Sistema Toyota de Produção – STP, também conhecido como Produção Enxuta. O sucesso do modelo de gestão da montadora japonesa Toyota é motivo de destaque e estudo nos mais diversos ramos. A montadora tornou-se líder mundial do setor automobilístico, graças ao STP. Deste modo, a montadora tornou-se fonte de inspiração, não somente para os seus concorrentes produtores de automóveis, mas para os mais diversificados ramos de atuação.

Um setor que vem crescendo nos últimos anos é o da produção industrial, e ligado a este se encontra a prestação de serviços para terceiros e vendas de peças sob encomenda. Neste ramo de atuação a qualidade dos serviços prestados é tão importante quanto o preço final.

Sendo o problema de pesquisa: Quais melhorias devem ser adotadas para redução das perdas nos sistemas produtivos?

Diante deste cenário, com foco na prestação de serviços para terceiros e venda de peças sob encomenda, através do processo de Corte Laser de chapas, foi desenvolvida esta proposta de TCC, a adaptação de um método para a identificação e redução das 7 classes de perdas apresentadas no STP. O método para redução das 7 perdas será apresentado em forma de sugestões de melhorias, utilizando o Sistema Toyota de Produção como base. Sendo o tema a redução das perdas no processo produtivo de Corte Laser de chapas.

Este trabalho se justifica com a utilização das propostas de redução das perdas que serão apresentadas ao final, e, possivelmente, utilizadas no setor de Corte Laser mencionado, com o intuito de reduzir o *lead time* de produção e por consequência os prazos de entrega e reduzir os custos. Será utilizada para demonstrar a todos os colaboradores do setor, meios para alcançar a redução das principais perdas que envolvem um sistema produtivo.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é analisar e propor melhorias para redução das perdas no processo produtivo de Corte Laser, fundamentado nas 7 grandes perdas do Sistema Toyota de Produção.

A partir do objetivo geral pode-se citar os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os elementos que possibilitam melhorias nos processos produtivos;
- Analisar o processo de Corte Laser de chapas da empresa Máquinas Kehl LTDA sob o enfoque do Sistema Toyota de Produção;
- Adaptação de um modelo de melhoria de processo baseado na redução/eliminação das perdas, apresentando e discutindo os dados a fim de propor melhorias para redução das perdas;
- Verificar a viabilidade de implementação das melhorias propostas.

Este trabalho será apresentado na forma de um estudo de caso, a fim de analisar e propor melhorias para redução das perdas no processo produtivo de Corte Laser. Através da realização deste trabalho também será possível adquirir maior conhecimento sobre o Sistema Toyota de Produção e como funciona o processo de Corte Laser de chapas.

O presente trabalho será dividido em uma parte inicial referente ao embasamento teórico necessário para a resolução do estudo de caso. Após este, segue a metodologia utilizada e posteriormente o estudo de caso, e por fim as sugestões de melhorias.

1 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção ganhou maior ênfase após a 2ª Guerra Mundial, devido a certas restrições de mercado, ocasionadas em razão desta, que exigiam a produção de pequenas quantidades devido à variedade da demanda. Estas restrições serviram para verificar se a indústria japonesa conseguiria competir com as indústrias de produção e venda em massa, já estabelecidas mundialmente (OHNO, 2004).

Foi somente em 1973 durante a crise do petróleo que o Sistema Toyota de Produção começou a atrair a atenção da indústria japonesa, isto devido ao crescimento zero da economia mundial e ao decréscimo da produção, entretanto a Toyota mantinha-se como a empresa mais lucrativa do Japão, uma vez que adotava a busca implacável para a eliminação dos desperdícios. Este novo sistema destacava-se por sua flexibilidade e capacidade de enfrentar as diversas exigências do mercado (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

O bom desempenho da Toyota veio do objetivo de aumentar a eficiência da produção e reduzir as perdas por desperdícios, este conceito tem sido passado desde Toyoda Sakichi (1867-1930), fundador da empresa e mestre das invenções, para seu filho Toyoda Kiichirō (1894-1952), primeiro presidente da Toyota e criador do carro de passageiros japoneses (OHNO, 2004).

O sistema sustenta-se em dois pilares: *just-in-time* (JIT) e automação (*jidoka*, em japonês). Para alcançar o *just-in-time* um dos métodos utilizados é o *Kanban*, que foi criado por Ohno e começou a ser aplicado na Toyota em 1962. Shingo foi importante para criação do STP, pois elaborou a metodologia de redução de *setups*, sendo este método muito importante para a redução de tempos na produção de produtos diversificados.

Os princípios básicos do STP foram desenvolvidos a partir dos ensinamentos de Henry Ford, fundador da Ford e pai do Sistema de Produção em Massa. Outro conceito importante do STP, a “idéia de puxar” foi trazida dos supermercados americanos, nestes os produtos eram repostos nas prateleiras assim que eram consumidos (LIKER, 2007).

A Toyota buscou ensinamentos com W. Edwards Deming, considerado o pai da qualidade, ele ensinou sobre qualidade e produtividade americana em seminários no Japão, e apontou que, em um sistema empresarial típico, atender e exceder as exigências do cliente é tarefa de cada indivíduo dentro da organização. Este ampliou o conceito de cliente “cada pessoa ou passo em uma linha de produção ou em um processo administrativo deve ser tratado como um cliente e receber exatamente o que necessita no tempo certo” (LIKER, 2007).

Liker (2007) ressalta parte do documento motivacional interno da Toyota:

Aceitamos desafios com espírito criativo e coragem para realizar nossos próprios sonhos sem perder o ânimo nem a energia. Abordamos nosso trabalho de forma vigorosa, com otimismo e com uma sincera crença no valor de nossa contribuição. Lutamos para decidir nosso próprio destino. Agimos com autoconfiança, acreditando em nossas próprias capacidades. Aceitamos a responsabilidade por nossa conduta e pelo modo como mantemos e melhoramos as habilidades que possibilitam produzir o acréscimo de valor (LIKER, 2007, p. 45).

O Sistema Toyota de Produção teve início a partir dos valores e ideais da família Toyoda, seus membros eram inovadores, idealistas pragmáticos e eram incansáveis na busca de suas metas, mas só foi possível alcançar o sucesso a partir da dedicação de seus engenheiros, administradores e operários (LIKER, 2007).

1.1 A ESTRUTURA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

A Toyota criou um novo conceito de administração da produção, visando alcançar melhorias nos processos e melhorar a qualidade de seus produtos. A estrutura do Sistema Toyota de Produção é baseada em quatro pilares e estes subdivididos em quatorze princípios.

De acordo com Liker (2007, p. 55), os quatro pilares são:

- Filosofia de longo prazo;
- O processo certo produzirá os resultados certos;
- Agregar valor para a organização, desenvolvendo pessoas;
- A solução do problema raiz estimula a aprendizagem organizacional.

No quadro 1 estão representados os 14 princípios do Sistema Toyota de produção, dentro de seus pilares.

Filosofia de longo Prazo	Princípio 1	Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras.	Ter um senso filosófico de longo prazo que se imponha a qualquer meta ou decisão em curto prazo.
O Processo certo produzirá resultados certos	Princípio 2	Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.	Aprimorar os processos de trabalho para a obtenção de alto valor agregado e fluxo contínuo.
	Princípio 3	Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.	Oferecer produtos aos clientes que desejam, quando desejam e na quantidade que solicitarem.
	Princípio 4	Nivelar a carga de trabalho.	A eliminação das sobrecargas das pessoas e dos equipamentos e a instabilidade da produção são importantes.
	Princípio 5	Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.	Implantar nos equipamentos a capacidade de detectar problemas e autodesligar-se, a autonomia é a base para alcançar a qualidade
	Princípio 6	Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.	Com a utilização de padrões as atividades são realizadas mais facilmente, e os produtos se tornam uniformes.
	Princípio 7	Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.	Utilizar indicadores visuais para ajudar as pessoas a verificarem se estão diante de uma situação padrão ou problema.
	Princípio 8	Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos.	Realizar testes antes de implementar novas tecnologias, para não ocorrer alterações na previsibilidade, estabilidade e confiabilidade.
	Valorização da organização através do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros.	Princípio 9	Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e ensinem aos outros.
Princípio 10		Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.	Criar uma cultura forte e estável com as crenças da empresa, treinar indivíduos e equipes excepcionais.
Princípio 11		Respeitar sua rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.	Respeitar seus parceiros e fornecedores, motivando-os a evoluir e não os explorando.

Continua

Quadro 1 - 14 princípios do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de LIKER, 2007

Conclusão

A solução contínua de problemas na origem estimula a aprendizagem organizacional.	Princípio 12	Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (<i>genchi genbutsu</i>).	Mesmo administradores de alto nível devem ter uma compreensão mais aprofundada da situação.
	Princípio 13	Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementadas com rapidez.	Não tomar uma direção sem ter considerado alternativas, e buscando um consenso comum.
	Princípio 14	Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (<i>hansei</i>) e da melhoria contínua (<i>kaizen</i>).	Padronizar as melhores práticas, para não ser necessário reinventar o processo a cada produto novo ou administrador novo.

Quadro 2 - 14 princípios do Sistema Toyota de Produção

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de LIKER, 2007.

No quadro 1 pode-se visualizar os 4 pilares do Sistema Toyota de Produção, estes subdivididos nos 14 princípios adotados pela montadora japonesa, ao lado de cada princípio consta uma explicação de o que cada um desses pilares representam dentro do STP.

1.1.1 Mecanismo da função produção

Segundo Shingo (2007) para se aplicar o Sistema Toyota de Produção é necessário entender a função da produção, sendo esta uma rede de processos e operações. O processo é o fluxo de materiais no tempo e espaço, transformação da matéria-prima em produto acabado. As operações são o trabalho realizado para efetuar essa transformação, é a atividade de um trabalhador ou uma máquina sobre a matéria-prima, e podendo executar a manufatura de diferentes produtos.

A análise do processo estuda o fluxo do material ou produto, e a análise das operações estuda o trabalho realizado sobre o produto pelo homem e pela máquina. Para realizar melhorias no processo de produção, deve-se distinguir o fluxo do produto (processo) do fluxo do trabalho (operação) e analisá-los separadamente (SHINGO, 2007).

A figura 1 representa a estrutura da produção em rede proposta por Shingo, com os processos realizados na direção vertical e as operações realizadas na

direção horizontal. Segundo o autor, embora o processo seja realizado através de uma série de operações, é um equívoco colocá-los no mesmo eixo de análise, pois isto reforçaria a idéia de que a melhoria das operações individuais aumentaria a eficiência global do fluxo de processo (SHINGO, 2007).

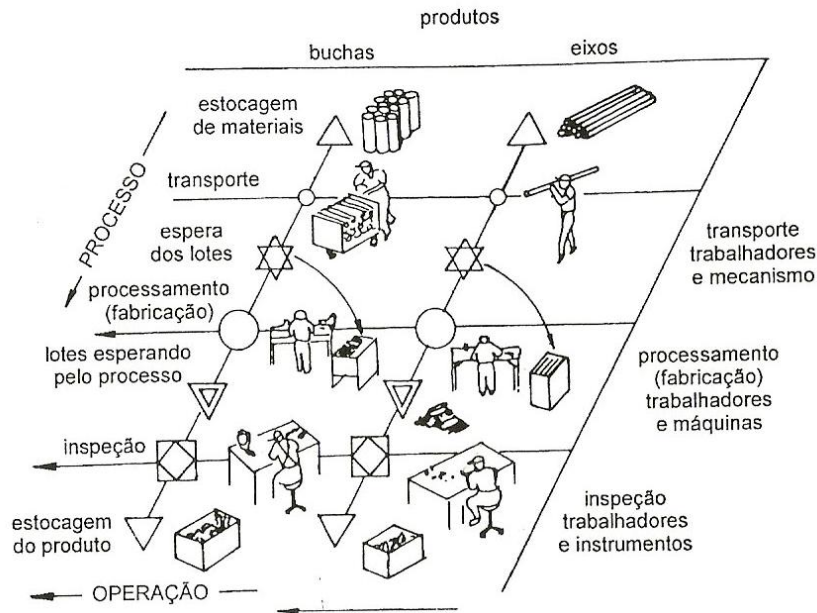


Figura 1 - A estrutura da produção
Fonte: SHINGO (2007, p. 38)

Para Shingo (2007) não se deve preocupar-se com as operações, e sim encarar os fenômenos de processo e implantar melhorias no processo produtivo, só deve-se aperfeiçoar as operações, após as oportunidades de melhoria de processo serem esgotadas. Segundo o mesmo autor, a distinção entre processos e operações é o ponto-chave para a implantação e desenvolvimento de novos processos produtivos.

1.2 PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

1.2.1 *Just-in-time*

Just-in-time significa no “momento certo”, “oportuno”. Com o intuito de produzir com estoque zero, a Toyota criou o conceito do *Just-in-time*, que significa que só deve ser produzido o que for necessário e na quantidade certa, não antes

disto, ou seja, sem geração de estoque. A meta do Sistema Toyota de Produção é clara: efetuar as entregas no momento exato, com a intenção de eliminar o estoque (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

O conceito *Just-in-time* foi criado projetando o estoque mínimo, sendo o “estoque zero” o ideal, tanto de matéria-prima, produtos em manufatura e produtos prontos. Para atingir o ponto de equilíbrio a Toyota adotou a produção contrapedidos, nunca excedendo este número. Como não se pode atingir sempre um ciclo de produção menor que o prazo de entrega, a Toyota adotou o método “supermercado”, o que foi comprado hoje provavelmente será demandado amanhã (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

Os processos iniciais baseiam-se em pedidos feitos com antecedência e os processos finais e montagem estão vinculadas às vendas. Essa flexibilidade é controlada por meio do sistema *kanban*. Taiichi Ohno, ex-presidente da Toyota Motor Co., desenvolveu o sistema *kanban*, com o intuito de produzir utilizando o conceito *Just-in-time*, este se trata de um método de controle visual que facilita a comunicação entre os processos.

O sistema *kanban* foi criado inspirado nos supermercados americanos, às prateleiras eram reabastecidas à medida que fossem esvaziadas. O *kanban* une as linhas de montagem às operações de suprimento através de cartões, placas, etc. Estes fazem parte de um “sistema puxado” de controle de materiais ou componentes. A partir do momento em que o cartão é acionado, este autoriza o processo anterior a produzir mais peças, este cartão autoriza a manufatura, o transporte ou o fornecimento de peças e componentes para o processo produtivo (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

1.2.2 Autonomiação

Outra base do Sistema Toyota de Produção é a autonomiação, que não deve ser confundida com a simples automação. A automação é somente a mecanização da operação, entretanto a autonomiação, ou automação com toque humano, significa dar inteligência humana à máquina. A idéia da autonomiação surgiu quando Sakichi Toyoda, fundador da Toyota Motor Co., inventou uma máquina de tecer auto-

ativada, que parava automaticamente sempre que a quantidade programada de tecidos fosse alcançada ou quando os fios da malha se rompessem (OHNO, 2004).

Este “toque humano” significa que quando a máquina produz um produto defeituoso, a mesma possui um dispositivo que faz a parada automática, assim não produzindo mais produtos defeituosos. Após a máquina ser ligada, a mesma trabalha sem a interferência humana, não necessitando ser monitorada ou controlada, só necessitando atenção humana quando ocorre um fato anormal, assim sempre que a máquina desligar-se, força todos a tomarem conhecimento do fato. Assim podendo ser implantadas melhorias para reduzir as quebras e fabricação de produtos defeituosos, podendo reduzir os custos de produção (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

Shingo (2007) comenta que existem 23 estágios entre o trabalho puramente manual e a autonomia completa. Segundo o mesmo, até o vigésimo estágio o trabalho manual foi apenas mecanizado, para a máquina ser totalmente automatizada ela deve ser capaz de detectar e corrigir os seus próprios problemas operacionais. É economicamente viável desenvolver uma máquina que detecte problemas (pré-automação), porém, fazer com que ela mesma corrija problemas é muito caro e tecnicamente é complexo.

Pode-se obter 90% dos resultados da autonomia total aplicando os 20 primeiros estágios, estes podem ser obtidos com um custo relativamente baixo, se as máquinas forem projetadas para detectar problemas, sendo a correção das anormalidades realizadas pelos operadores (SHINGO, 2007).

A autonomia aliada a uma melhoria do *layout* do setor produtivo permitiu a multifuncionalidade, ou seja, um trabalhador responsável por mais de uma máquina (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

A multifuncionalidade traz duas vantagens: melhora o fluxo dos processos e aumento da produtividade. A produtividade aumenta em dois aspectos: o primeiro aspecto é que ela absorve diferenças nos tempos de processamento entre processos, o segundo aspecto é que ela elimina os estoques temporários entre os processos, e ainda reduz o tempo de espera do trabalhador (SHINGO, 2007).

1.3 O PRINCÍPIO DO NÃO-CUSTO

Algumas empresas determinam o preço de venda dos seus produtos baseados no seguinte princípio de custo, conforme figura 2:

$$\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço de venda}$$

Figura 2 - Princípio de custo

Fonte: SHINGO, 2007.

Quando estas empresas possuem um aumento nos seus custos ou desejam obter um lucro maior o preço de venda é elevado. A Toyota não aceita essa fórmula, pois o preço de venda é determinado pelo mercado consumidor. Para isso adotou o princípio do não-custo, conforme a figura 3:

$$\text{Preço de venda} - \text{Custo} = \text{Lucro}$$

Figura 3 - Princípio do não-custo

Fonte: SHINGO, 2007.

Neste caso o lucro é o que sobra após ter sido subtraído o custo do preço de venda, sendo a única forma de aumentar o lucro a redução dos custos. Sendo assim, a redução de custos deve ser a maior prioridade. A partir da implantação deste sistema a Toyota pode diversas vezes nos últimos anos, reduzir o preço de venda de seus automóveis (SHINGO, 2007).

Todas as empresas podem reduzir os custos, mas enquanto ele for somado ao lucro para obtenção do preço de venda, o objetivo dificilmente será alcançado. A eliminação total dos desperdícios só se torna eficaz, quando a redução do custo se torna a única maneira de aumentar o lucro (SHINGO, 2007).

1.4 ANÁLISE DAS PERDAS EM SISTEMAS PRODUTIVOS

Em um sistema produtivo os movimentos dos trabalhadores podem ser desdobrados em trabalho e perdas. O trabalho são as atividades praticadas para que o produto alcance o seu estado final, estas podem ou não agregar valor. As atividades que agregam valor são as que transformam a matéria-prima, podendo

alterar sua forma e adicionando qualidade. O trabalho que não adiciona valor pode ou não ser necessário ao trabalho efetivo (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

As perdas são elementos que ocorrem nos sistemas produtivos – podem ser produtos defeituosos, atividades não produtivas, excesso de pessoas, equipamentos e materiais – ou seja, atividades ou acontecimentos desnecessários, que geram custos e não agregam valor, sendo necessário eliminá-las. O Sistema Toyota de Produção enfatiza que se deve buscar a eliminação das perdas, a seguir um diagrama que representa as principais perdas que ocorrem em sistemas produtivos (SHINGO, 2007; OHNO, 2004).

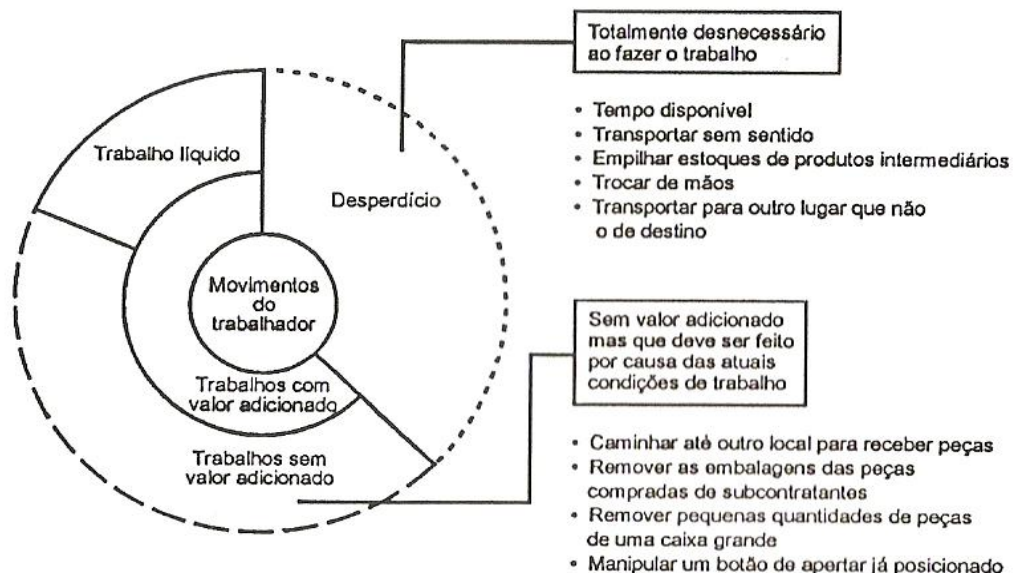


Figura 4 - Componentes do movimento dos trabalhadores

Fonte: OHNO (2004, p. 74)

A figura 4 representa os componentes de movimentos dos trabalhadores em um processo de manufatura, neste fica destacado que boa parte dos movimentos realizados pelos trabalhadores não agregam valor ao produto ou processo.

Ohno (2004) afirma que se deve combater as perdas, e que estas geram aumento de custos, que acabam consumindo parte do lucro. Ohno e Shingo classificam as perdas em sete classes: (1) superprodução; (2) transporte; (3) processamento em si; (4) fabricação de produtos defeituosos; (5) estoque; (6) espera; (7) desperdício nos movimentos.

1.4.1 Perdas por superprodução

A perda por superprodução ocorre quando a empresa produz mais que a quantidade necessária ou antecipadamente. Shingo (2007) estabelece que existam dois tipos de superprodução:

- Quantitativa – fazer mais produtos que o necessário;
- Antecipada – fazer o produto antes que ele seja necessário.

A produção quantitativa ocorre quando o PCP programa mais peças que o necessário, por exemplo: serão produzidas 1000 peças para um determinado cliente, e prevendo defeitos que possam ocorrer durante o processo, o PCP programa 1100 peças. Se durante a fabricação das mesmas ocorrer menos defeitos que o previsto, as peças excedentes vão ser inutilizadas ou serão mantidas em estoque, ou seja, haverá perda de matéria-prima e mão-de-obra (Antunes et al. 2008).

Por outro lado, se são encomendadas 1000 peças para ser entregue para o dia 15 setembro e as mesmas foram produzidas até o dia 1 do mesmo mês, está caracterizada a superprodução antecipada (Antunes et al. 2008).

Shingo (2007) considera que se devem evitar completamente as perdas por superprodução. Ainda, segundo Ohno (2004) as perdas por superprodução são a “pior das perdas”, pois tendem a esconder outras perdas.

As perdas por superprodução são efeitos indesejáveis ao processo, tendo em vista que estas geram valor agregado ao custo final do produto. Segundo Antunes et al. (2008) é necessário investigar as causas deste fenômeno. A figura 5 apresenta um diagrama de *Ishikawa*, onde são levantadas várias hipóteses que levam os gestores das empresas a adotar práticas que geram a superprodução.

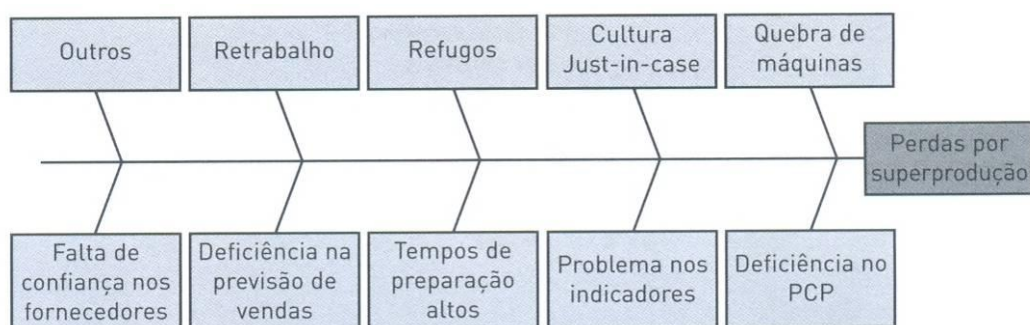


Figura 5 - Diagrama de *Ishikawa* das causas das perdas por superprodução

Fonte: ANTUNES et al. (2008, p. 205)

Ainda, segundo Antunes et al. (2008), alguns gestores defendem a política de constituição de estoques sempre que ocorrem problemas potenciais ou reais no processo produtivo, é a idéia do “*Just in case*”, ou seja, vai fabricar peças para manter em estoque prevendo uma quebra de máquinas, falta de confiança em um determinado fornecedor, refugos, retrabalhos etc.

Nestes casos se torna mais difícil atacar as causas diretas da superprodução, na medida em que esta é ocasionada por causas raízes, sendo necessário um ataque sistemático, com critérios de prioridade, a todas as perdas que causam superprodução.

1.4.2 Perdas por transporte

As perdas por transporte se dão pela movimentação de produtos, matérias ou informações. Segundo Shingo (2007) o transporte somente aumenta o custo, mas não agrega valor ao produto. As empresas com o intuito de melhorar o transporte, utilizam empilhadeiras, esteiras, calhas de transporte e outros, que na verdade não diminuem o transporte e sim melhoram a maneira de realizar o trabalho de transporte.

Melhorias reais de transportes ocorrem quando a função do transporte é eliminada ou diminuída. Os processos são constituídos de 45% de processamento, 5% inspeção e 5% de esperas, sendo que o transporte representa 45% dos custos de mão-de-obra. Para atingir a meta de redução do transporte, deve-se aumentar a eficiência da produção, com o aprimoramento do *layout* do processo (SHINGO, 2007).

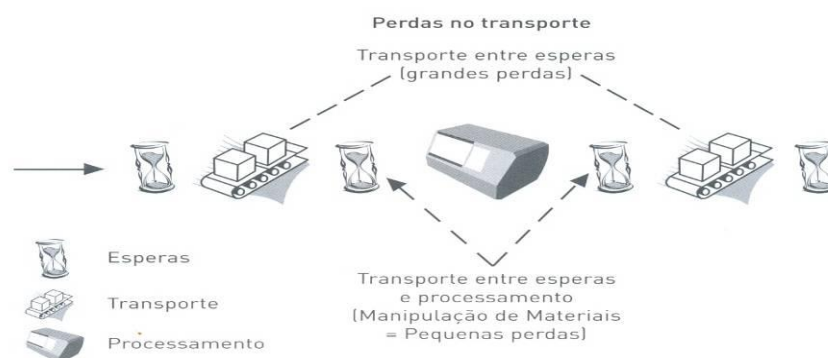


Figura 6 - Caracterização dos tipos de perdas por transporte

Fonte: ANTUNES et al. (2008, p. 206)

Segundo Antunes et al. (2008), as perdas por transporte podem ser divididas em dois tipos: perdas no grande transporte e perdas no pequeno transporte. A figura 6 contribui para a compreensão destas perdas. As perdas no grande transporte ocorrem entre duas esperas, relacionada aos fluxos de produção, e o pequeno transporte ocorre devido aos diferentes postos de trabalho em que o produto deve passar até se encontrar acabado.

Contudo, o processo de transporte deve ser mecanizado quando as opções de melhoria de *layout* forem totalmente esgotadas, Shingo (2007), enfatiza que, quando o transporte passa de manual para mecanizado, os custos da mão-de-obra são transferidos para as máquinas, e este é um investimento sem retorno.

1.4.3 Perdas no processamento em si

As perdas no processamento em si constituem-se em atividades que são desnecessárias ou realizadas inadequadamente, sendo pelo uso de ferramentas, sistema ou procedimentos errados. O produto só deve passar por atividades/processos que agreguem valor para o cliente ou usuário (Antunes et al., 2008).

Segundo Ohno (2004), o trabalho com valor agregado significa algum tipo de processamento – mudar a forma ou o maneira de um produto ou a montagem. As matérias-primas ou peças são processadas em produtos para gerar valor agregado, quanto mais elevada à taxa de valor agregado maior a eficiência do trabalho.

Os processos podem ser melhorados a partir de perguntas básicas, conforme Shingo (2007): “Como esse produto pode ser redesenhado para manter a qualidade, ao mesmo tempo, reduzir custos de fabricação”, “Como a fabricação deste produto pode ser melhorada?”, da mesma maneira Antunes et al. (2008) propôs as questões: “Por que este tipo de serviço ou produto específico deve ser produzido” e “Por que esse método deve ser utilizado neste tipo de fabricação”.

Ambos os autores sugerem que tais questões podem ser respondidas analisando-se a engenharia de valor ou análise de valor. Para obter-se uma

diminuição nas perdas no processamento em si, dois tipos de melhorias devem ser alcançados:

- Analisar “que tipo de produto” deve ser manufaturado, do ponto de vista da engenharia de valor (SHINGO, 2007);
- Analisar quais métodos devem ser empregados para fabricar o produto, isto implica na utilização de técnicas associadas à análise de valor (SHINGO, 2007).

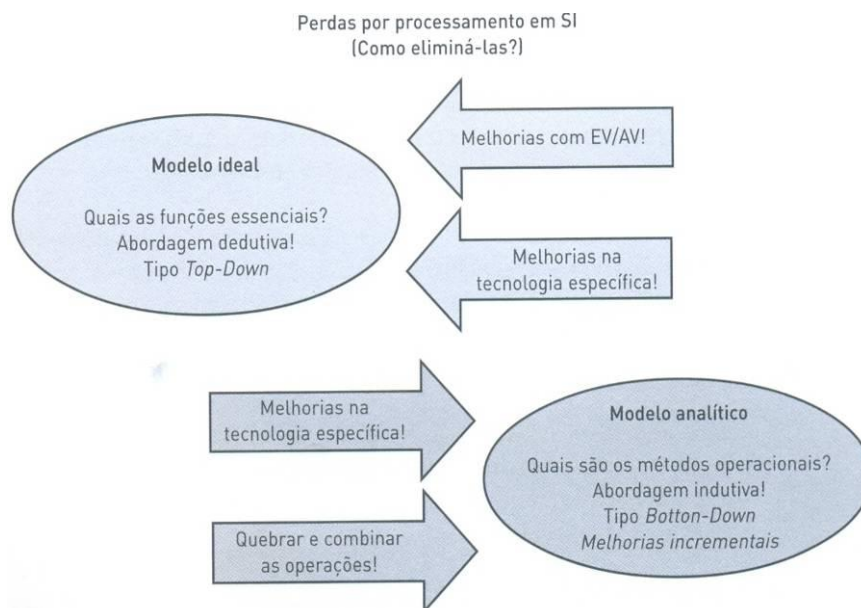


Figura 7 - Esquema geral de melhorias no processamento/fabricação
Fonte: ANTUNES et al. (2008, p.208)

A figura 7 apresenta um esquema para ilustrar o entendimento das ferramentas que podem ser empregadas para a eliminação das perdas por processamento em si. Ainda é possível se alcançar uma diminuição das perdas ligadas ao processamento em si, através de melhorias relacionadas à tecnologia do produto, dos processos de fabricação, máquinas e matérias-primas.

1.4.4 Perdas por fabricação de produtos defeituosos

As perdas por fabricação de produtos defeituosos acontecem quando um produto, peça ou sub-componentes não atendem os requisitos especificados de

qualidade do projeto, assim esta peça pode tornar-se um refugo (não-conformidade) ou ser necessário um retrabalho. Shingo (2007) afirma que é possível obter melhorias significantes se procurarmos maneiras de impedir que os problemas ocorram, ao invés de corrigi-los após seu aparecimento.

Shingo (1996, apud ANTUNES et al., 2008) esclarece que a “inspeção para localizar defeitos”, ou inspeção por julgamento, é realizada somente para detectar produtos com defeito no final do processo produtivo. Mesmo que se possuam inspetores de excelente capacidade, esta inspeção é ineficaz na redução do percentual de produtos defeituosos no processo, pois ao localizá-los os mesmos devem ser segregados.

Para o mesmo autor, a “inspeção para prevenir produtos defeituosos”, é baseada em uma estratégia que realiza inspeções ao longo da manufatura, para localizar os defeitos mais rapidamente, prevenindo que o defeito seja espalhado para o sistema produtivo. Ao ser descoberto, a informação (*feedback*) é repassada ao processo anterior, para correção das causas que estão levando a não-conformidade.

A figura 8 procura demonstrar que os defeitos possuem origem em determinadas causas raízes, e sendo assim deve-se eliminar a fonte do erro, e caso o erro venha a ocorrer, deve-se impedir que este gere um defeito.



Figura 8 - Relação de causa e efeito entre erro e defeito.
Fonte: ANTUNES et al. (2008, p. 211)

Antunes et al. (2008) destaca que para sanar este tipo de perda é necessário inserir um sistema de inspeção de prevenção de defeitos, podendo ser estes:

- Sistema de inspeção sucessiva: o processo seguinte inspeciona os produtos fabricados no processo anterior;
- Sistema de auto-inspeção: a inspeção é realizada logo após a fabricação da peça, pelo operador ou algum dispositivo;
- Sistema de inspeção na fonte: a prevenção é através do controle das causas principais que causam defeito.

Pode-se utilizar os três sistemas de inspeção descritos, utilizando o método de inspeção *Poka-Yoke*, que possibilitam a inspeção de 100% dos produtos fabricados e proporciona *feedback* instantâneo para correção de problemas. Estes são mecanismos de detecção de irregularidades, ficam acoplados as operações para impedir a execução da atividade de forma errônea, e apontar ao operador ou à máquina que a atividade está sendo realizada de forma inadequada (SHINGO, 2007).

1.4.5 Perda por estoque

O maior de todos os desperdícios é o estoque em excesso (OHNO, 2004). Segundo Antunes et al. (2008) perda por estoque significa a existência de estoques elevados de matérias-primas, material em processo ou produtos acabados, que irão aumentar os custos e também gerar a necessidade de um espaço físico para a produção adicional e algum trabalhador para controlá-lo, todos estes gerando desperdícios.

Shingo (2007) relata que antigamente estoques eram considerados um “mal necessário”, com ênfase no “necessário” e sendo o “mal” visto como inevitável ou útil. O autor considera que há dois tipos de estoque: aquele que ocorre naturalmente devido a práticas de produção e o estoque “necessário”:

Estoque natural ocorre quando:

- Previsão incorreta de demanda;
- Superprodução para evitar riscos;
- Produção em lotes;
- Diferenças nos turnos de trabalho.

Estoque “necessário” se dá quando:

- Produção antecipada;
- Estoque para flutuação de demanda;
- Compensar esperas (inspeção e transporte);
- Quebra de máquinas ou produtos com defeitos;
- Grandes lotes (*setup* longo).

Ambos os estoques geram perdas (custo), sendo estes fenômenos não-lucrativos que devem ser analisados e eliminados. Contudo, a eliminação do estoque radical pode causar atrasos nas entregas ou quedas nas taxas de operação das máquinas. Ao invés disso, o que necessita ser melhorado são as condições que tornam necessário haver o estoque (SHINGO, 2007).

O Sistema Toyota de produção enfatiza que deve-se implantar três estratégias para atingir-se o ponto ideal de produção com estoque zero: Redução dos ciclos de produção, eliminar quebras e defeitos e reduzir os tempos de *setups* (SHINGO, 2007).

1.4.6 Perdas por espera

As perdas por espera acontecem quando os trabalhadores e/ou máquinas não estão sendo utilizados da forma adequada, ou seja, embora agregando custo ao processo, os mesmos não estão agregando valor ao produto. Esperas de processo é resultado de desequilíbrios e instabilidades que ocorrem nos processos produtivos, podendo ser no processamento, transporte, inspeção ou outros elementos associados ao processo (SHINGO, 2007).

De acordo com Shingo (1996a, apud ANTUNES et al., 2008), no início da década de 80 as perdas por espera dos trabalhadores no Japão eram mais significativas que as perdas por espera das máquinas, isto devido ao custo de mão-de-obra, que era em média de 3 a 5 vezes maior que o custo hora máquina. Segundo Antunes et al. (2008), esta é uma perda importante para a indústria brasileira, pois segundo o mesmo, na indústria metal-mecânica, a grosso modo, o custo hora máquina e de pessoal é de 1:1.

A maior parte das perdas por espera ocorre enquanto o *setup* de uma máquina está sendo realizado, quando uma máquina quebra, quando falta matéria-prima ou quando existe falta de equilíbrio na produção. Para alcançar uma melhora nas perdas por espera, deve ser reduzido o tamanho dos lotes, redução nos tempos de *Setups* e utilizar um sistema de manutenção preventiva para evitar as quebras de máquina. Do ponto de vista operacional, pode-se melhorar esta perda com automação e multifuncionalidade dos operadores.

1.4.7 Perda por desperdícios de movimentos

As perdas por desperdícios de movimentos ocorrem quando os trabalhadores executam movimentos desnecessários durante as operações principais nas máquinas ou linhas de montagem. Essas perdas podem ser mais facilmente compreendidas e analisadas através das teorias desenvolvidas pelo casal Gilbreith sobre o estudo dos movimentos (ANTUNES et al., 2008).

Este estudo busca de forma contínua e sistemática a economia do tempo, analisando o movimento humano e a postura no trabalho. Shingo (1996a, apud ANTUNES et al., 2008) fez elogios a utilização deste método como forma de reduzir tempos de movimentos, visto que observações microscópicas detalham os problemas de maneira mais relevante.

Como ferramenta para análise das perdas por movimento deve-se analisar a “operação principal”, que pode ser a partir das seguintes ferramentas:

- Estudo dos movimentos;
- Estudo de tempos;
- Estudo do tempo alocado.

As duas primeiras ferramentas são históricas e se complementam, pois o estudo de Gilbreith é utilizado em conjunto com a lógica de Taylor. O estudo de tempo alocado foi utilizado no EUA para estabelecer tempos padronizados. Shingo (1996a, apud ANTUNES et al., 2008) afirma que existem outros métodos para analisar a perda de movimentos entre os quais se pode citar: método do fator de trabalho e a medida de movimento/tempo.

Portanto, os métodos citados têm como objetivo a redução dos movimentos realizados durante a execução das atividades profissionais. O objetivo principal para a redução das perdas no movimento consiste em se estabelecer padrões operacionais, para a realização de forma eficaz das atividades (ANTUNES et al., 2008).

1.5 FERRAMENTAS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

1.5.1 Troca Rápida de Ferramenta (TRF)

O método de Troca Rápida de Ferramenta surgiu a partir de trabalhos realizados por Shingeo Shingo na planta da *Toyo Kogyo*, Mazda, em 1950. Shingo desenvolveu o sistema SMED (*single minute Exchange of die and tools*), que significa que o tempo de preparação deve ser efetuado em no máximo nove minutos e cinquenta e nove segundos (ANTUNES et al., 2008).

Na medida em que os resultados apresentados pelo SMED se tornaram uma realidade mundial nas empresas, estas foram desenvolvendo técnicas que permitiram executar a preparação das máquinas em menos de um minuto. Segundo Antunes et al. (2008), a TRF é um elemento central dentro do Sistema Toyota de Produção. Esta afirmação pode ser vista através da constatação de quatro vantagens principais:

- A redução dos tempos de preparação possibilita a produção de lotes pequenos, fazendo que a produção se ajuste de forma mais rápida a demanda. Passam a ter maior flexibilidade em relação à introdução ou modificações radicais na estrutura de produtos;
- À medida que se produz pequenos lotes, a possibilidade de redução de produtos em fabricação e de produtos acabados, diminui os estoques, trazendo diversas vantagens financeiras;
- Redução dos refugos e retrabalhos, devido ao fato de que os defeitos são localizados mais facilmente, e parte destes está relacionada com os ajustes e regulagem das máquinas;
- É importante para tornar disponível uma capacidade adicional na máquina, possibilitando aumentar a capacidade produtiva e diminuindo gargalos produtivos.

Segundo Antunes et al. (2008), o sistema TRF possui três componentes essenciais: I) uma maneira de melhorar a forma de pensar a produção; II) um sistema real capaz de provocar resultados efetivos; III) é um método prático. A forma de pensar os sistemas produtivos é chamada de mecanismos da função produção e das perdas.

O autor afirma que ao melhorar a operação de troca de ferramentas, há uma diminuição nas perdas dos sistemas produtivos. Este método é prático e real, e pode

ser comprovada sua eficácia em diversas empresas que já o tenham implantado, assim reduzindo o tempo de preparação de suas máquinas para menos de dez minutos.

1.5.2 TPM – Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total – MPT (*Total Productive Maintenance* – TPM), surgiu no Japão nos anos 70, sendo esta um avanço relativo às técnicas da manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

A TPM pode ser uma forma de reduzir os gastos globais de manutenção. Em empresas tradicionais a manutenção é realizada pelo setor de manutenção, porém muitas tarefas podem ser realizadas pelos operadores, por exemplo: limpeza, lubrificação e se houver algum treinamento, até pequenos reparos mecânicos e elétricos. Desta forma, pode-se reduzir as perdas por espera, que acontecem quando há quebra de máquina (ANTUNES et al., 2008).

Na medida em que os operadores passam a ser responsáveis pela manutenção e fazer pequenos consertos, o número de paradas é reduzido, e há um aumento na vida útil do equipamento. A partir disto, as paradas não-programadas reduzem, pois os operadores acabam adquirindo capacidade para visualizar os problemas nas máquinas ainda no estágio inicial, portanto de forma preventiva (ANTUNES et al., 2008).

Levando em consideração o princípio da engenharia de confiabilidade, as causas das falhas nos equipamentos passam por três momentos distintos: quando o equipamento é novo enfrenta problemas devido a sua fabricação, no segundo momento as quebras se estabilizam, e no terceiro, no final da sua vida útil a taxa de quebras volta a crescer devido ao desgaste em que o equipamento já se encontra (ANTUNES et al., 2008).

Portanto a TPM é uma ferramenta importante dentro do Sistema Toyota de Produção, para se alcançar o *Just-in-time* é muito importante não haver quebra de máquina, e não havendo quebra de máquina as perdas por tempo de espera são reduzidas.

1.6 MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DAS PERDAS

Para a redução das perdas em um processo é necessário identificar quais etapas do mesmo apresentam perdas, Kayser (2001) propõe cinco etapas, subdivididas em 13 atividades para a identificação e priorização das perdas. Estas etapas estão descritas a seguir.

A primeira etapa é dividida em duas atividades que são: (a) formação da equipe de trabalho e reunião com funcionários envolvidos nas etapas do processo de produção e (b) esclarecimentos necessários sobre os conceitos básicos do Sistema Toyota de Produção, os sete tipos de perdas e a importância da visão do processo completo.

A segunda etapa proposta por Kayser (2001) é a identificação das perdas através da realização de duas atividades. Primeiramente, desdobra-se o processo para definição de suas etapas. Em seguida, elabora-se uma matriz que relacione as etapas do processo com as sete perdas propostas pelo STP. A figura 9 apresenta um exemplo de uma Matriz de Perdas.

MATRIZ DAS PERDAS	TIPOS DE PERDAS						
	Perdas por superprodução	Perdas por espera	Perdas por transporte	Perdas por processamento em si	Perdas por estoque	Perdas por desperdício de movimento	Perdas por fabricação de produtos defeituosos
1. Recebimento desenho e número de orçamento		X					
2. Avaliar desenhos (material, espessura, processos)						X	X
3. Cadastrar peças e manipular desenhos						X	X
4. Simulação de tempos de operação e material		X				X	
5. Criação da ficha técnica						X	
6. Montagem da base do orçamento						X	
7. Cálculo do preço de venda		X	X				
8. Encaminhar base orçamento vendas		X					
9. Abrir ordem de produção e liberar para produção		X				X	
10. Encerrar O.P.s e dar entrada no estoque		X				X	

Figura 9 - Matriz de Perdas

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Kayser (2001, p. 45).

Na terceira etapa, Kayser (2001) propõe a quantificação e priorização das perdas através de quatro atividades. A primeira atividade é a definição de critérios para quantificar as perdas. A segunda atividade é a elaboração de uma Matriz de Quantificação que relacione as etapas do processo com as perdas através de valores monetários. O autor sugere que seja calculada, cada etapa versus a perda, este valor monetário baseado nos seguintes fatores: faturamento médio dos últimos 12 meses; número total de horas trabalhadas por mês; número de horas gastas por funcionário em cada etapa, por semana; número de funcionários envolvidos em cada etapa; estimativa do percentual de tempo perdido em cada etapa e estimativa do percentual de retrabalho em cada etapa. A última atividade é a elaboração de um Gráfico de Pareto que priorize as etapas do processo que apresentam maior perda monetária (R\$).

Matriz de Quantificação das Perdas		Nº de funcionários envolvidos	R\$ Pagos por hora funcionário(*)	Tempo por semana (horas)	Tempo gasto com perdas (horas)	Distância (metros)	Custo mão-de-obra por semana (perdas)
1	Recebimento desenho e número de orçamento	1	R\$ 10,50	10,8	10,8	-	R\$ 113,40
2	Avaliar desenhos (material, espessura, processos)	3	R\$ 10,50	18	14,4	-	R\$ 151,20
3	Cadastrar peças e manipular desenhos	3	R\$ 10,50	43,2	17,28	-	R\$ 181,44
4	Simulação de tempos de operação e material	1	R\$ 10,50	7,2	7,2	-	R\$ 75,60
5	Criação da ficha técnica	3	R\$ 10,50	36	14,4	-	R\$ 151,20
6	Montagem da base do orçamento	3	R\$ 10,50	28,8	11,52	-	R\$ 120,96
7	Cálculo do preço de venda	1	R\$ 10,50	16,2	8,1	50	R\$ 85,05
8	Encaminhar base orçamento vendas	3	R\$ 10,50	7,2	5,04	-	R\$ 52,92
9	Abrir ordem de produção e liberar para produção	1	R\$ 10,50	12,6	6,3	-	R\$ 66,15
10	Encerrar O.P.s e dar entrada no estoque	1	R\$ 10,50	14	7	-	R\$ 73,50
11	Programar corte e gerar PDF do corte	1	R\$ 10,50	14,8	7,4	-	R\$ 77,70

Quadro 3 - Matriz de Quantificação das perdas

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Kayser (2001, p. 67).

A quarta etapa possui as seguintes atividades: (a) definir as ações de melhoria possíveis para as perdas priorizadas e os responsáveis pela implementação de cada ação; (b) análise da viabilidade técnica, financeira e o tempo necessário para adoção das medidas, e por fim, elaborar o planejamento da implementação; (c) realizar as melhorias planejadas.

A quinta e última etapa sugerida por Kayser (2001), deve-se avaliar os resultados após a implementação das melhorias propostas, sendo realizada através

da execução de três atividades. Primeiramente, elabora-se uma Matriz de Quantificação das perdas para verificar os resultados obtidos após as melhorias. Em seguida, deve-se comparar os resultados monetários obtidos pelas matrizes de antes e depois da implementação das melhorias. Por fim, analisam-se os resultados obtidos e verifica-se a necessidade de redirecionar alguma melhoria.

2 CORTE LASER

2.1 HISTÓRIA DO LASER

Albert Einstein em 1917 realizou os primeiros experimentos que levaram a descoberta do feixe laser, tratava-se do estudo dos fenômenos físicos de emissão espontânea e estimulada subjacentes ao princípio de funcionamento do Laser. A teoria da mecânica quântica foi componente essencial para a compreensão do modo de funcionamento dos lasers, através dos trabalhos de Bohr e Planck (SILVA, 2008).

Em 1960 Theodore Maiman, que realizava pesquisas nos laboratórios de investigação da Hughes, criou o primeiro Laser, ilustrado na figura 10 (SILVA, 2008).

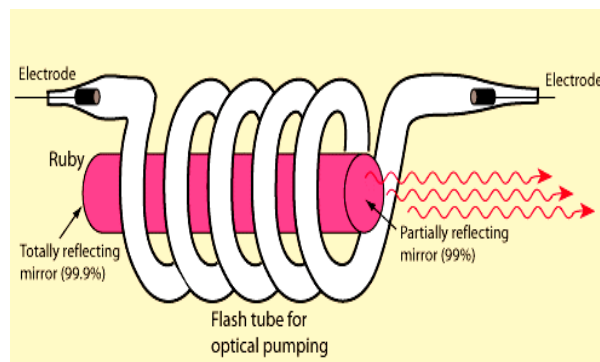


Figura 10 - Esquema ilustrativo de um Laser de rubi.

Fonte: SILVA (2008, p. 3)

A figura 10 representa um Laser de estado sólido de rubi, excitado por uma lâmpada fluorescente de vapor de mercúrio e filamento helicoidal (SILVA, 2008).

Em dezembro de 1960, Javan, Benette e Harriot criaram o primeiro Laser de estado gasoso, era um Laser de He-Ne, sendo que alguns anos após surgiu o Laser de CO₂, desenvolvido por Patel. A partir deste momento a tecnologia e os equipamentos começaram a se desenvolver e vêm melhorando a cada dia, com isso as primeiras aplicações na indústria surgiram na década de 70 com os Lasers a gás (SILVA, 2008).

No momento atual, diversos tipos de Lasers estão sendo utilizados, entre eles Lasers de estado sólido, gasoso e líquido, cada qual com características distintas, aplicado em diversas áreas, tais como: mecânica, medicina, cosmetologia, entre outros (SILVA, 2008).

2.2 LASER

A sigla Laser significa “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação), sendo atualmente sinônimo de eficiência e qualidade na utilização de manufatura de matérias-primas. “É um dispositivo que emite radiação luminosa através do bombeamento efetuado por uma fonte de energia apropriada a um meio ativo. Este meio é escolhido de modo a ocorrer uma emissão estimulada” (SILVA, 2008).

Pode-se entender o funcionamento do Laser comparando-se com o que acontece quando focalizamos o sol através de uma lente, causando uma fonte de calor concentrada, na forma de calor, sobre uma folha de papel, conforme se observa na figura 11. Este método resulta em pequenos queimados no papel, isto demonstra que a luz é uma fonte de energia, com condições de ser utilizada e explorada industrialmente (SILVA, 2008).

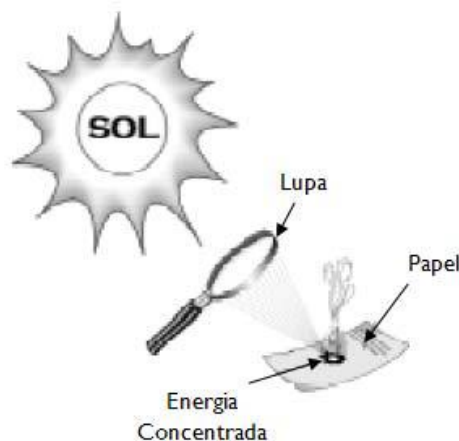


Figura 11 - Laser é luz
Fonte: SILVA (2008, p. 4)

Resumindo o Laser produz um feixe de luz concentrado, obtido através de excitação dos elétrons de determinados átomos, utilizando um meio ativo que pode ser líquido, gasoso ou sólido. Este feixe de luz produz intensa energia na forma de calor. “Para a obtenção do Laser é necessário acrescentar ao meio ativo um sistema óptico adequado, a cavidade ressonante, constituídos por dois espelhos, posicionados nas extremidades do meio ativo e coaxial a ele, perpendicular a direção em que o feixe será emitido” (SILVA, 2008).

A figura 12 apresenta um equipamento Laser simples, composto por um meio ativo, uma fonte de excitação ou de bombeamento, a cavidade ressonante e um dissipador de calor.

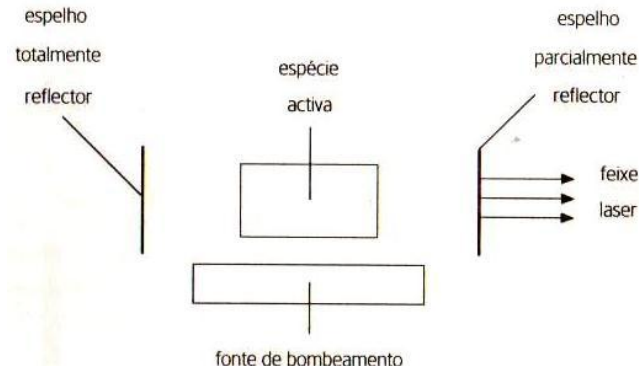


Figura 12 - Esquema elementos do Laser
Fonte: SILVA (2008, p. 5)

O meio ativo tem como objetivo converter a energia elétrica em energia de radiação, sendo composto por uma mistura de substância ativa, de energia para permitir a emissão estimulada, diluída numa substância transparente à radiação e que auxilia a extração do calor. A fonte de bombeamento é constituída pela fonte de energia que permite bombear átomos desde o nível fundamental até o nível excitado, podendo ser elétrica, química ou óptica (SILVA, 2008).

As cavidades ressonantes mais simples são delimitadas por dois ou mais espelhos colocados paralelamente entre si e perpendiculares ao eixo maior do elemento contendo o meio ativo. Estes espelhos devem ser alinhados de modo a refletirem o feixe de luz para frente e para trás, dentro da cavidade, com o objetivo de armazenar energia. E o dissipador de calor deve remover o calor liberado pelo meio ativo e não consumindo na produção de radiação (SILVA, 2008).

2.3 TIPOS DE LASER

O oxigênio e o plasma produzem superfícies de corte com pouca precisão e com grande distorção em relação ao processo de corte de chapas por Laser, o qual é um processo mais rápido, possuindo a vantagem de produzir uma pequena zona afetada pelo calor (ZAC). Existem vários tipos de Lasers, o mais utilizado é o de CO₂ (SILVA, 2008).

O Laser CO₂ é o tipo de Laser que possui elevadas potências, assim é o mais adequado para a manufatura de materiais, principalmente nas aplicações que exijam feixes com boa qualidade. Este tipo de Laser utiliza como meio ativo uma mistura de carbono (CO₂), Hélio (He) e Nitrogênio (N₂) em concentrações de aproximadamente 6, 10 e 84% respectivamente (FARO, 2006).

Cada um dos compostos desempenha uma função:

- CO₂: emissor de radiação;
- He: responsável pelo arrefecimento e pela manutenção da inversão da população;
- N₂: ajuda a excitar as moléculas de CO₂ para o nível de energia mais elevado.

O Laser de CO₂ utiliza lentes que focam o feixe com potência superior a outros tipos de Laser, atingindo a potência de até 50 kW e apresentando uma eficiência de cerca de 5 a 10%. Os Lasers de CO₂ emitem radiações com comprimento de onda de 10,6 µm e produz potências (densidade) de 10 W/mm² (FARO, 2006).

O feixe produzido não é visível a olho humano, pois é uma luz infravermelha, sendo freqüente a troca para um feixe de baixa potência visível a olho humano durante o processamento da peça, para seu alinhamento. Este tipo de Laser produz espessuras de ZAC e distorções de 0,5mm. O raio Laser é transmitido à peça por espelhos ópticos, estes sistemas necessitam de cuidados de manutenção como a limpeza e o realinhamento das lentes e quando danificados é necessária a troca (FARO, 2006).

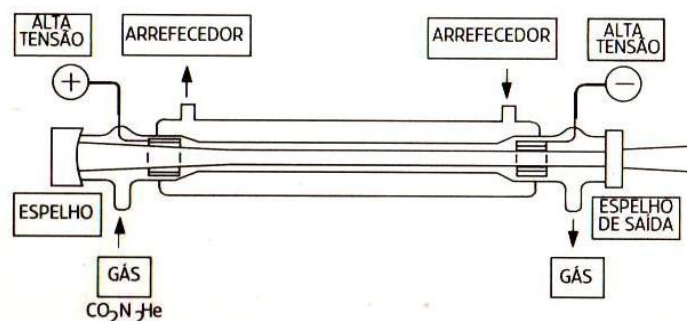


Figura 13 - Esquema simples de um Laser de CO₂
 Fonte: SILVA (2008, p. 7)

2.4 CARACTERÍSTICAS DAS MÁQUINAS DE CORTE LASER

As máquinas de corte Laser de chapas vêm sofrendo melhoramentos constantes desde o seu aparecimento no mercado, não somente em relação às potências dos geradores, mas também em relação aos sistemas de movimentação e de automação das tarefas (TINOCO, 2011).

Hoje em dia existem diversas marcas de máquinas de corte Laser para chapas metálicas, apesar de serem de marcas diferentes todas possuem o mesmo princípio de funcionamento. São dotadas de um Laser do tipo CO₂, e utilizam gás como assistentes de corte, sendo estas comandadas por CNC, possuem movimentos simultâneos nos eixos x, y com uma velocidade de até 140 m/min, e possuem boa precisão (TRUMPF, 2012).

Atualmente existem centros de corte Laser com sistemas automáticos de posicionamento do ponto focal, troca automática de cabeça de corte e troca e centragem do bico de corte. Existem fabricantes como a TRUMPF ou a ADIRA que oferecem sistemas automáticos de carga, descarga e movimentação de chapas, dispensando quase por completo a necessidade de operadores (TINOCO, 2011).

As máquinas mais comuns que se encontram no mercado possuem área de corte de 1500 x 3000 mm, com capacidade de corte de aço até a espessura de 3/4", aço inoxidável até a espessura de 5/8", e alumínio até a espessura de 5/16". Mas, estas características podem variar conforme o fabricante, abaixo na figura 14, um sistema de troca automática de bico e um sistema de carga e descarga de chapas.



Figura 14 - Sistema de troca automática de nozzle e sistema de carga e descarga de chapa

Fonte: TINOCO (2011, pag. 25)

2.5 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO CORTE POR LASER

A elevada densidade de energia do feixe Laser focado sobre a peça produz um aquecimento localizado dando origem a uma fusão rápida e à evaporação parcial ou total do material a cortar. A corrente do gás de assistência, que sai coaxialmente com o Laser pela boquilha (também chamado de nozzle – componente com uma pequena abertura circular onde sai o feixe Laser e os gases de assistência ao corte), ejeta o material fundido ou evaporado da zona de separação. O aquecimento do material pode eventualmente ser auxiliado por reações exotérmicas devidas à interação entre o gás de assistência e o metal. O corte progride pelo movimento relativo da peça e a boquilha, produzindo assim a linha desejada” (SILVA, 2008).

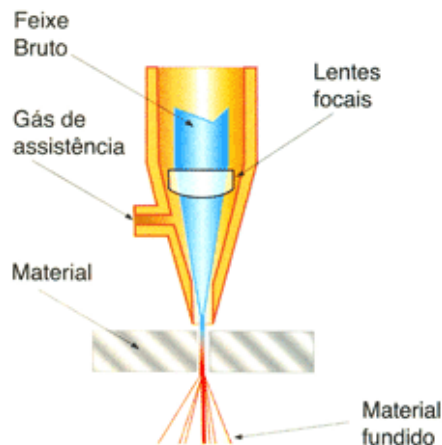


Figura 15 - Princípio de funcionamento corte Laser.
Fonte: SILVA (2008, p. 7)

2.5.1 Características do corte

As principais características do corte Laser são:

- Larguras de corte muito pequenas, aumentando conforme a espessura do material a ser cortado;
- Superfícies de corte geralmente com estrias e rebarbas na face oposta a incidência do Laser, em particular se o material for muito viscoso e difícil de destacar por ação do gás;

- Menor extensão da zona afetada pelo calor (ZAC), devido à entrega térmica do processo ser pequena e o gás fluído ao longo dos contornos cortados, esfriando-as, impedindo a dissipação do calor para o material.

2.5.2 Materiais utilizados para corte

Os materiais mais utilizados para a fabricação de peças por corte Laser são o aço, aço inoxidável e alumínio (SILVA, 2008).

- Aço

É um material que possui facilidade na hora de cortar, utilizando o oxigênio como gás de assistência. A qualidade de corte é boa com larguras de corte pequena e bordas sem rebarbas e óxidos. A ZAC é desprezível, mas a partir de espessuras superiores a 10 mm a qualidade de corte diminuiu, aparecendo estrias e rugosidades no contorno de corte (SILVA, 2008).

- Aços inoxidáveis

É possível cortá-los, no entanto apresentam uma refletividade superior aos aços. Obtendo-se elevada qualidade de corte em chapas finas (1-2 mm) e boa qualidade até espessuras de 5 mm. Origina uma ZAC pequena ou quase inexistente, e não causa perda das características de inoxidabilidade no contorno de corte (SILVA, 2008).

- Alumínio

É um material que possui alto índice de refletividade e é um bom condutor térmico, assim requer maiores densidades de energia para iniciar o processo, sendo assim a superfície de corte apresenta rebarbas, com isso este material é o que apresenta maior complexidade durante o processo de produção (SILVA, 2008).

2.5.3 Gás de assistência

Durante o processo de corte de metais por Laser são utilizados, normalmente, dois tipos de gases de assistência: o oxigênio (O₂) e o nitrogênio (ou

azoto, N₂). Para a escolha de qual gás será utilizado, deve ser analisada a qualidade requerida na aplicação (SILVA, 2008).

O mesmo desempenha várias funções, sendo as mais importantes: remover o material fundido proveniente do corte e proteger as lentes. O gás mais utilizado é o oxigênio, porque este favorece a reação exotérmica, isto é, libera calor, aumentando a temperatura do processo, e por consequência reduzindo o tempo de corte. O nitrogênio deve ser utilizado quando se deseja uma superfície livre de óxidos, como no caso de corte dos aços inoxidáveis (SILVA, 2008).

O oxigênio é o principal gás de corte para aços de baixa liga, e sua pureza influi diretamente na velocidade de corte. No entanto, o nível de óxido que se forma na superfície de corte é alto, quando o aço inoxidável é cortado com oxigênio, a resistência a corrosão é perdida e surge uma superfície irregular, e no alumínio se forma uma escória aderente a superfície. Para evitar estas irregularidades, no uso destes materiais, o nitrogênio é utilizado como gás de corte, pois resulta em uma boa velocidade de corte e eliminando o aparecimento de escória (SILVA, 2008).

2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CORTE LASER

O corte Laser de chapas de aço, aço inox e alumínio, proporciona cortes retos, com pequenas larguras de corte, variando de acordo com a espessura da chapa. Ainda apresenta mínima espessura de ZAC, pouca distorção e arestas de boa qualidade, por ser um processo comandado por CNC e não havendo atrito entre a ferramenta de corte e o material, este se torna um processo mais rápido, Os contornos e superfícies possuem excelente qualidade, livre de óxidos e fissuras, sendo um processo limpo e silencioso na maioria das aplicações (SILVA, 2008).

O corte Laser permite cortar peças de geometria complexas, com boa tolerância geométrica, sendo esta uma das suas principais vantagens, pois assim é possível deixar as peças quase acabadas, sendo necessário poucos ou nenhum processo até o sua conclusão. Este, ainda não requerer troca de ferramentas de corte toda vez que o material a ser cortado é trocado (SILVA, 2008).

Outra vantagem em relação aos equipamentos, é que os fabricantes são empresas reconhecidas mundialmente por seus padrões de qualidade, utilizando em

seus equipamentos as melhores tecnologias disponíveis no mercado, sempre buscando realizar melhorias em relação a velocidades de corte, sistemas de troca de bicos automáticos e carregamento e descarregamento de chapas (SILVA, 2008).

Como desvantagens destacam-se o alto custo inicial para a implantação do sistema, isto devido ao alto investimento necessário para a compra do equipamento e o elevado custo de manutenção. Outra desvantagem é a pequena variedade de potências disponível, assim limitando o corte a espessuras baixas e a materiais que apresentam pouca reflexibilidade. Entretanto, a elevada flexibilidade do processo e a possibilidade de produzir diversas formas geométricas, e em uma boa quantidade de materiais e espessuras, torna este processo rentável (SILVA, 2008).

3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, a metodologia de pesquisa empregada foi a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. Com o intuito de alcançar os objetivos deste, foram determinadas as seguintes etapas: definição do problema, definição dos objetivos: geral e específicos, definição da metodologia, pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e estudo de caso. A partir da utilização destes procedimentos pretende-se realizar o desenvolvimento de um estudo de caso.

Segundo Prodanov e Freitas (2009), a metodologia científica é uma disciplina que estuda e avalia os diversos métodos disponíveis, identificando as limitações da sua utilização. A metodologia é a aplicação do método através de técnicas. O método é o caminho sistemático e ordenado, a direção para chegar ao fim, e a técnica é a forma de aplicação do método.

Para Lakatos e Marconi (2007), a pesquisa pode ser considerada um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo e que requer um tratamento científico e se constitui de um caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. Para Gil (2006, apud PRODANOV; FREITAS, 2009), o objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

3.1 TIPOS DE PESQUISA

O tipo de pesquisa utilizado em relação aos objetivos foi a pesquisa exploratória em livros, manuais e sites que segundo Prodanov e Freitas (2009), tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto investigado, possibilitando sua definição e delineamento, orientar a fixação dos objetivos e a formulação de hipóteses ou descobrir um novo enfoque sobre o assunto.

Em relação ao tipo de pesquisa para os procedimentos, utilizou-se: a) pesquisa bibliográfica, que segundo Prodanov e Freitas (2009), é elaborada através de material já publicado, constituído de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, monografias, teses e outros, com o objetivo de colocar o

pesquisador em contato direto com todo material escrito sobre o assunto da pesquisa. A principal vantagem da pesquisa bibliográfica está no fato de permitir a cobertura de um universo maior de fenômenos, sendo mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. b) estudo de caso, que conforme Yin (2010), representa a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Quanto à abordagem do problema, utilizou-se da pesquisa qualitativa e quantitativa, qualitativa por se tratar de um caso real e segundo Prodanov e Freitas (2009), a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas de pesquisa qualitativa. Na pesquisa qualitativa o pesquisador mantém contato direto com o ambiente como fonte para coleta de dados, sendo necessário um trabalho mais intenso de campo. Na pesquisa quantitativa considera-se que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

Pesquisa bibliográfica segundo Lakatos e Marconi (2007), é definida como sendo o levantamento de toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, etc., até meios de comunicação orais: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais, filmes, televisão e entrevistas. Tendo como finalidade colocar o pesquisador em contato direto com o que foi escrito, dito ou filmado sobre o determinado assunto.

Segundo Yin (2010), o estudo de caso permite uma investigação que preserva as características holísticas e significativas dos acontecimentos do cotidiano real – tais como ciclos de vida individuais, processos organizacionais e administrativos, mudanças ocorridas em regiões urbanas, relações internacionais e maturação de setores econômicos.

Estudo de caso segundo Prodanov e Freitas (2009), é quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Pode permitir novas descobertas, aspectos que não estavam previstos inicialmente. Restringe-se o estudo a um objeto, que pode ser um indivíduo, uma família, um grupo, um produto, uma empresa, um órgão público, uma comunidade ou mesmo um país.

3.2 COLETA DE DADOS

Segundo Yin (2010), as evidências para um estudo de caso podem vir de seis fontes distintas: documentos, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. O método adotado foi a observação direta extensiva, portanto, adotou-se a utilização de retirada de dados, de documentos do setor em estudo, observação participante das atividades e a utilização de questionários. Os dados para este estudo foram coletados no período de 03/09/2012 à 14/09/2012.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A partir da coleta de dados, executou-se uma relação entre o material encontrado na pesquisa bibliográfica e os dados obtidos, com o intuito de confrontá-los, para verificar a melhor solução para o problema proposto do setor em estudo. Segundo Prodanov e Freitas (2009), o procedimento de análise é a fase da pesquisa, analítica e descritiva, que prevê a interpretação e o estudo dos dados tabulados, os quais foram organizados na etapa anterior. Este deve ser feito a fim de atender aos objetivos da pesquisa e para comparar e confrontar dados e provas com o objetivo de confirmar ou rejeitar a(s) hipótese(s) ou pressupostos da pesquisa.

No que diz respeito à análise e as interpretações, estas se desenvolveram através da abordagem qualitativa e quantitativa, qualitativa que segundo Prodanov e Freitas (2009) possui o ambiente natural como fonte direta para a coleta de dados, interpretação de fenômenos e atribuição de significados. Na pesquisa quantitativa considera-se que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A EMPRESA MÁQUINAS KEHL LTDA

A empresa iniciou suas atividades no ano de 1962, voltada à comercialização de máquinas para a indústria calçadista. Desde a fundação sua sede é em Novo Hamburgo/RS, principal cidade do pólo calçadista brasileiro. Localizada a poucos metros dos pavilhões da Fenac (Feira Nacional do Calçado) e Fimec (Feira Internacional de Couros, Químicos, Componentes e Acessórios, Equipamentos e Máquinas para Calçados e Curtumes) (KEHL, 2012).

Atualmente a empresa atende o setor de máquinas para calçado e afins, também fabrica móveis e presta serviço de Corte Laser, dobra CNC e pintura epóxi. Nos dias de hoje seu parque industrial está situado numa área de mais de 10 mil m² (KEHL, 2012).

Desde a sua fundação, a empresa produz máquinas para a fabricação de calçados, observando sempre padrões reconhecidos mundialmente de qualidade e com tecnologia avançada. A figura 16 é um exemplo de máquina produzida, se trata de uma máquina de corte de material sintético com faca, modelo 6205 S, com comando CNC e alta precisão no corte.



Figura 16 - Máquina 6205 S

Fonte: KEHL (2012)

No ano de 1994, buscando novos ramos de negócios a empresa passou a fabricar móveis, disponibilizando, para seus clientes, móveis com design diferenciado e que atende as novas tendências de mercado. Na figura 17, um exemplo de móvel fabricado na Máquinas Kehl LTDA, Mesa modelo 600 Sampa.



Figura 17 - Modelo 600 Sampa
Fonte: KEHL (2012)

O setor de Corte Laser e dobra CNC da Máquinas Kehl LTDA iniciou suas atividades no mês de junho de 2008. A entrada neste novo ramo ocorreu devido à necessidade de diminuir os prazos de entrega, baixar custos e não depender mais de fornecedores para tais insumos. Também foi criado com o intuito de ser um novo ramo de negócio, tendo em vista que a cidade não possuía este tipo de serviço, assim podendo oferecer serviços de Corte Laser e dobra CNC, para empresas da região do Vale dos Sinos e grande Porto Alegre. Na figura 18, consta as duas máquinas de dobra CNC, do Setor de Laser da Máquinas Kehl LTDA.



Figura 18 - Dobra CNC
Fonte: KEHL (2012)

O setor de máquinas da empresa atende todos os mercados consumidores de máquinas para a manufatura de calçados, com maior número de clientes no mercado sul-americano, atendendo desde pequenos ateliers, até grandes empresas, estas produtoras a nível mundial.

Já o setor de móveis da Máquinas Kehl LTDA atende principalmente o mercado interno brasileiro e sul-americano, possuindo diversos revendedores no mercado interno.

O setor de Corte Laser de chapas e dobra CNC presta serviço para diversas empresas da região da grande Porto Alegre e Serra gaúcha, dos mais distintos níveis de atuação.

4.2 SETOR DE CORTE LASER

Desde a sua criação o setor de Corte Laser da Máquinas Kehl LTDA produz peças para as divisões de móveis e máquinas, mas na maior parte do tempo o setor produz serviços sob encomenda para terceiros. As peças produzidas podem ser consideradas venda, quando é incluída a matéria-prima, ou prestação de serviço, quando só esta inclusa a mão-de-obra e o cliente fornece a matéria-prima a ser manufaturada.

O setor conta com duas máquinas de corte Laser uma modelo TRULASER 3030 CLASSIC (figura 19) e uma NEU, de fabricação alemã, da empresa TRUMPF, que possui reconhecimento mundial no que se refere à Corte Laser. A capacidade deste modelo de máquina: área útil de corte (maior chapa), 1,5 x 3,0 metros. Corta chapas de aço até a espessura de 20 mm, chapas de aço INOX até a espessura de 12,70mm, e por fim chapas de alumínio até a espessura de 8,0 mm (TRUMPF, 2012).

O Corte Laser é um grande diferencial na produção de peças, pela sua alta qualidade de corte, mas também pela rapidez na fabricação de peças, deixando-as quase acabadas, muitas vezes sendo necessários poucos processos até o término das mesmas. Desde o ano de 2011 o setor de Corte Laser e dobra CNC é certificado pela ISO 9001, assim realizando serviços em maior quantidade e com qualidade superior.



Figura 19 - Máquina de corte Laser TRUMPF 3030
Fonte: TRUMPF (2012)

Para realização do corte é necessário que o desenho 2D esteja em um formato compatível com o *software* da máquina o TRUTOPS, podendo ser DWG ou DXF. A partir de um desses arquivos é criado o programa CNC que irá comandar a máquina durante o corte.

Com o intuito de prestar serviços está posicionado junto ao setor de Laser, o setor de dobra de chapas CNC, o mesmo conta com duas máquinas dobradeiras DURMA (figura 20) modelo E30160 com mecanismo hidráulico de 160 toneladas, largura de 3 metros e comando de operação CNC (DURMA, 2012).



Figura 20 - Máquina Dobradeira Durma
Fonte: DURMA (2012)

4.2.1 Estrutura funcional do setor de Corte Laser

Atualmente o setor de Laser conta com 14 funcionários vinculados diretamente ao setor de Corte Laser e dobra CNC, divididos da seguinte maneira:

- 3 Funcionários Departamento técnico;
- 1 Funcionária Programação e Controle da Produção (PCP);
- 1 Funcionária Controle de Qualidade e Responsável pelo ISO 9001;
- 1 Funcionário Programação Máquina;
- 3 Operadores Máquina Corte Laser;
- 3 Operadores Máquina de Dobra;
- 1 Funcionário Expedição e Recebimento.
- 1 Funcionário Comercial;

Destes funcionários mencionados, 1 operador de Corte Laser e 1 operador de dobra CNC trabalham no turno da noite, ou seja, as máquinas de Corte Laser trabalham quase 24 horas por dia. Muitas vezes é necessária a realização de horas extras, isto devida à alta demanda de peças.

Além destes funcionários mencionados o setor de Corte Laser também utiliza outros funcionários que desenvolvem outras atividades na empresa, como o centro de custos, setor comercial, recursos humanos, e o setor administrativo, estes trabalhando para todas as áreas da empresa. Os setores de solda, acabamento, ajustagem, pintura, fresa, torno, também são utilizados, porém somente quando o cliente deseja receber suas peças totalmente prontas.

4.2.2 Atividades realizadas pelo setor de Corte Laser

Primeiramente o Setor Comercial recebe do cliente os arquivos ou informações referentes às peças que deseja orçar ou manufaturar, este encaminha os arquivos (DWG, DXF ou *SOLIDWORKS*), com número de orçamento ou pedido para o setor de departamento técnico do setor de Corte Laser.

Ao receber as informações, o responsável do Departamento Técnico cadastra o número do pedido em uma planilha de Excel, contendo a data de

chegada, quem vai realizar a análise do desenho, quanto tempo levou para orçar a peça e se o pedido está aprovado ou é somente orçamento. O técnico ao receber o desenho faz uma análise para verificar se o item é novo ou é uma peça já produzida, se todas as informações necessárias para produzir a peça (orçamento) foram descritas, tais como material, espessura, quantidade a ser produzida, com ou sem matéria-prima e se todos os processos serão realizados pelo KEHL Laser.

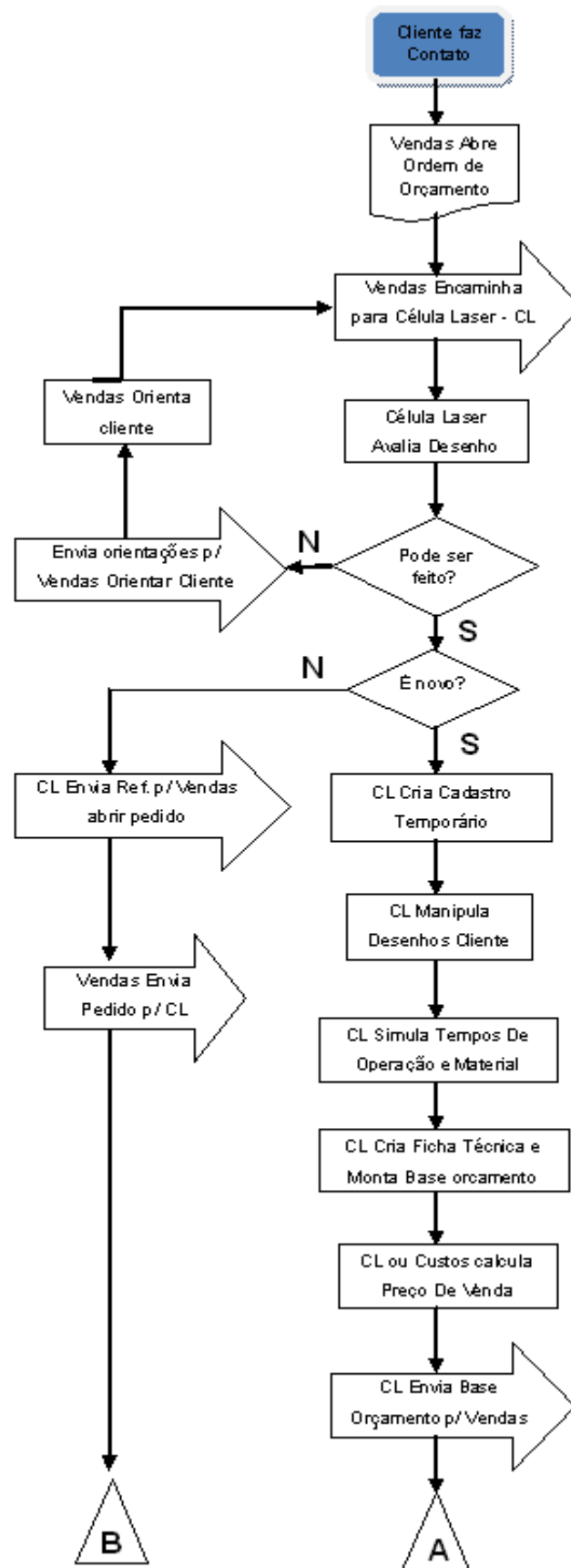
Se o técnico tiver alguma dúvida ou faltar alguma informação o mesmo deve entrar em contato com o cliente para realizar os devidos esclarecimentos. Sendo realizada a correção de desenho (correção de dobra) e verificação da escala, se implanta um código KEHL, com nome da peça, data de recebimento e material e espessura. Salva-se um arquivo DWG ou *Solidworks*, na pasta virtual do cliente, e cria-se um arquivo no formato DXF que é utilizado para a simulação do Corte Laser.

Este arquivo DXF é inserido no programa TRUTOPS para a simulação de corte e criação do programa CNC da peça. Sendo que neste programa são inseridas informações como tipo de material, espessura e o tipo de contorno. O programa CNC da peça é salvo em uma pasta virtual para acesso do programador, no caso de manufatura das peças.

Após ter sido realizada a simulação da peça, a mesma é cadastrada em um programa chamado CADLASER, onde são inseridas informações como o número da peça, nome do cliente, localização dos arquivos DWG e DXF, dimensões, tempo de Corte Laser, tempo de Dobra CNC, tempo de solda, ajustagem, acabamento, pintura e o tipo de material e espessura.

A partir disto é realizada a montagem de um orçamento técnico descrevendo as peças solicitadas pelo cliente, com as informações técnicas de como as peças serão manufaturadas. Muitas vezes se torna necessário o envio de um arquivo PDF para o cliente analisar o projeto, pois para a produção de muitas peças é necessário realizar alterações para que estas possam ser manufaturadas.

A seguir na figura 21, um fluxograma que representa como o processo de Corte Laser funciona. Neste, estão descritos todas as atividades que devem ocorrer durante a fabricação das peças, desde o orçamento das peças a serem manufaturadas, até o envio ao cliente, sendo ilustradas conforme são realizadas pelo setor de Corte Laser da Máquinas Kehl LTDA.



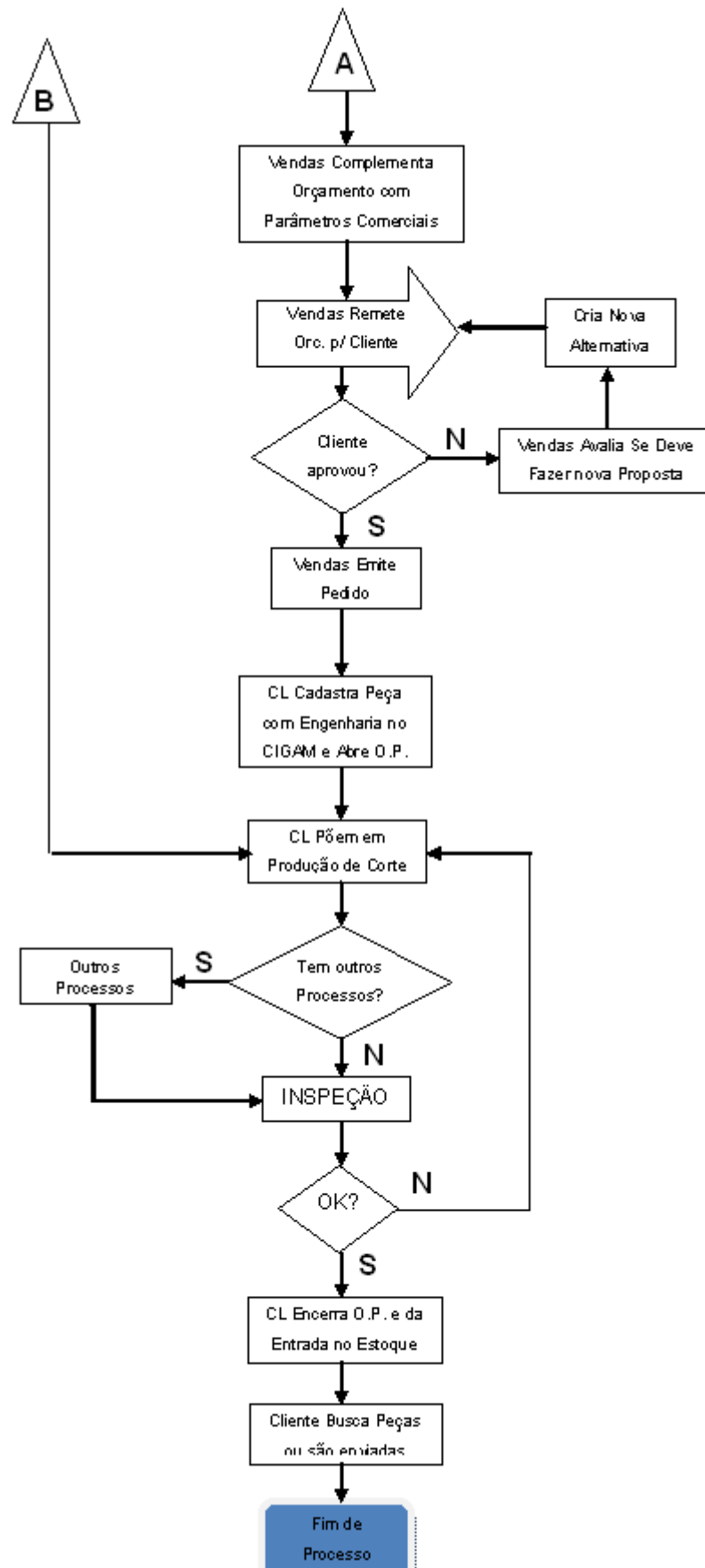


Figura 21 - Fluxograma Fornecimento Peças
 Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado NORMA ANSI.

Encaminham-se os desenhos juntamente com a ficha técnica de orçamento para o setor de custos onde irá ser calculado o preço das mesmas. O Setor de Custos calcula automaticamente via *software* CADLASER o preço das peças e encaminha junto com a ficha orçamentária para o comercial a fim de ser enviado ao cliente.

Se o orçamento estiver aprovado o mesmo segue para ser cadastrado no *software* CIGAM, e ser aberto as O.P.s, se não for aprovado fica em aguardo durante três semanas. A partir da abertura das O.P.s estas seguem para o setor de programação onde será colocada a disposição para ser produzido.

O desenho da peça juntamente com a O.P. vai para o operador de corte que separa o material necessário e coloca o programa na máquina (*setup*), após o corte a peça segue para a realização de outros processos (se existirem) até ser entregue ao Setor de Expedição. No Setor de Expedição se realiza a contagem das peças, verifica-se se as mesmas estão de acordo com o desenho e encerra-se a O.P..

Se alguma peça não estiver de acordo com o desenho, é aberta uma N.C. (não conformidade), para que as peças sejam produzidas novamente. A partir do momento que as peças estão liberadas pela Expedição, é retirada a nota fiscal, e o cliente é avisado que pode retirar as mesmas, ou se preferir poderá ser enviado por transportadora.

4.3 O MÉTODO ADAPTADO PARA IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DAS PERDAS

Os procedimentos adotados para identificação e priorização das perdas neste trabalho foram adaptados da metodologia proposta por Kayser (2001) e dos conceitos do STP, descritos no referencial teórico (Capítulo 1). A adaptação realizada a partir dos métodos deste autor resultou em 7 etapas, divididas em 13 atividades, apresentadas no quadro 3, para identificar, priorizar e reduzir perdas segundo o Sistema Toyota de Produção.

ETAPA	ATIVIDADE
1. Formação e esclarecimentos da equipe de trabalho	1. Formação e esclarecimento da Equipe (STP, 7 perdas e método proposto)
2. Determinação das etapas do processo a serem analisadas	2. Seleção das etapas do processo a serem estudadas
3. Identificação das perdas segundo o STP	3. Desdobramento dos processos
	4. Elaboração da matriz das perdas
4. Quantificação e priorização das perdas	5. Definição dos critérios para quantificação das perdas
	6. Elaboração da matriz de quantificação das perdas
	7. Elaboração de um gráfico de pareto para visualização das principais perdas
5. Sugestões de melhorias para redução das perdas	8. Análise da causas das perdas
	9. Elaboração de propostas de melhorias
	10. Avaliação da viabilidade de implantação
6. Planejamento e realização das ações de melhoria	11. Planejamento da implementação das propostas
	12. Implantação e controle das melhorias propostas
7. Avaliação dos resultados	13. Verificação e análise dos resultados obtidos

Quadro 4 - Etapas e atividades para priorização das perdas

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Kayser, 2001.

A seguir estão descritas as 7 etapas propostas para a priorização e redução das perdas em sistemas produtivos. Sendo que as 5 primeiras etapas são expostas conforme a aplicação realizada no Setor de Corte Laser de chapas da Máquinas Kehl LTDA. As 2 últimas foram descritas da forma como que estas deveriam ser implantadas, assim dando continuidade ao trabalho já realizado, e com isso seria possível verificar a real eficácia do método proposto.

- **Etapa 1: Formação e esclarecimento da equipe de trabalho**

Nesta primeira etapa o chefe do Setor de Corte Laser de chapas e o autor deste trabalho, devem se reunir para determinar a equipe de trabalho, para a formação da equipe deve se observar quais funcionários estão dispostos a colaborar. A equipe deve possuir membros que conheçam as etapas do processo, e que desenvolvam atividades relativas ao estudo.

Ainda nesta etapa, o autor do estudo deve realizar esclarecimentos sobre os objetivos do trabalho, a metodologia adotada para análise, os principais conceitos do Sistema Toyota de Produção, o que são e como identificar as 7 perdas. Durante as explicações os membros da equipe podem fazer questionamentos e sugestões referentes à teoria e a metodologia empregada no estudo.

- **Etapa 2: Determinação das etapas do processo a serem analisadas**

Na segunda etapa, será realizada uma reunião com a equipe de trabalho para decidir qual parte do processo será analisada. Nesta etapa o autor, deve lembrar os membros da equipe à diferença entre processos e operações, segundo os Mecanismos da Função Produção.

Em seguida os membros da equipe determinam quais critérios serão adotados para a seleção das partes do processo. Cada participante pode indicar o processo que considera que deve ser estudado, explicando os motivos. Para a determinação de quais processos devem ser analisados, serão levados em consideração quais processos são considerados mais relevantes e que de um ponto de vista geral apresentam maiores perdas.

- **Etapa 3: Identificação das perdas segundo o STP**

Na terceira etapa o pesquisador, juntamente com os membros da equipe que desenvolvem atividades no setor produtivo realizam um acompanhamento do processo, para identificar os processos e realizar os desdobramentos em suas etapas. Para auxiliar a equipe nesta atividade, pode ser utilizada a análise do fluxograma do setor em estudo.

Após ser realizado o desdobramento do processo em suas etapas, é possível elaborar uma matriz das perdas, conforme modelo proposto por Kayser (2001). A matriz das perdas relaciona as etapas do processo observado com as 7 perdas do Sistema Toyota de Produção. Podendo assim identificar as perdas existentes em cada etapa do processo.

- **Etapa 4: Quantificação e priorização das perdas**

Para identificar as perdas a serem priorizadas é necessário fazer medições do processo a ser analisado, estas medições também servirão para confrontarmos os dados obtidos antes e depois da implantação das melhorias propostas, assim podendo analisar se o método proposto foi eficaz.

Após a realização desta etapa as perdas que ocorrem em processos produtivos terão sido identificadas, mas não será viável agir simultaneamente sobre todas, por isso se torna necessário a utilização de um método para a priorização das perdas principais, sendo utilizada a matriz de quantificação das perdas e a elaboração de gráfico com o intuito de facilitar a visualização das principais perdas.

Antes da elaboração da matriz de quantificação das perdas, a equipe de trabalho deve definir os critérios para a quantificação das perdas, estes devem estar de acordo com os objetivos pretendidos com o trabalho. Após a definição dos

critérios, realiza-se a coleta de dados e preenche-se a matriz de quantificação, então é elaborado um gráfico para facilitar a visualização das principais perdas e em quais etapas do processo as mesmas ocorrem.

- **Etapa 5: Sugestões de melhorias para redução das perdas**

Nesta etapa deve-se analisar as principais perdas e gerar alternativas para a redução ou eliminação das perdas. As sugestões de melhorias são propostas pela equipe de trabalho, através de levantamento de idéias, levando em consideração a opinião dos membros que estão em contato com a etapa diariamente e os conceitos do STP. As propostas devem ser discutidas e avaliadas pela equipe de trabalho, em relação aos recursos necessários, à viabilidade técnica e à viabilidade econômica.

- **Etapa 6: Planejamento e realização das ações de melhoria**

A sexta etapa é formada por atividades de planejamento e implantação das ações de melhoria. Nesta etapa, deve-se, elaborar um planejamento prévio de implementação das propostas. Devem ser determinados quais são os recursos necessários, quem serão os responsáveis e também elaborar um cronograma de execução para cada melhoria proposta.

A realização das atividades de implementação das mudanças, exigirão a participação de todos os funcionários, incluindo os que não fizeram parte da equipe do estudo. A duração e os recursos necessários para esta etapa são de difícil mensuração, pois dependerão de quais ações serão aprovadas e de quanto tempo tais melhorias levarão para serem colocadas em prática. A execução das ações deverá ser supervisionada pela equipe de trabalho, para que ocorram conforme o planejado.

- **Etapa 7: Avaliação dos resultados**

A última etapa do método é a avaliação dos resultados obtidos, após as melhorias terem sido colocadas em prática. Para avaliação a equipe de trabalho deve refazer a matriz de quantificação das perdas (etapa 4), e confrontar os dados com os valores obtidos anteriormente. Também pode-se realizar uma reunião com os funcionários que realizam as etapas, onde as melhorias foram implementadas, para verificar com os mesmos, se estes notaram alguma diferença positiva durante a realização das atividades cotidianas. Por fim, deve-se realizar uma análise crítica dos resultados obtidos com a metodologia utilizada, verificando se existem pontos onde o método proposto possa ser aprimorado ou modificado para a obtenção de resultados mais satisfatórios.

4.4 IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO PARA REDUÇÃO DAS PERDAS

Nesta seção, são descritos e discutidos os resultados obtidos com a aplicação do método proposto na seção 4.3.

4.4.1 Formação e esclarecimentos da equipe de trabalho

Para implantação do método proposto, foi formada uma equipe de trabalho a partir de uma reunião entre o autor deste estudo e o chefe do setor. A equipe foi formada por um funcionário de cada etapa do processo, sendo estes um funcionário do setor de Departamento Técnico, um operador de máquina Laser, um funcionário da Expedição e o programador da máquina.

A partir da definição do grupo de trabalho, foi realizada uma reunião para explicar os conceitos do Sistema Toyota de Produção, das 7 perdas, a metodologia empregada no estudo, e os objetivos do mesmo. Durante o período de observação e levantamento de dados, houve conversas para esclarecimentos de dúvidas em relação STP, as 7 perdas e o método de trabalho.

4.4.2 Determinação das etapas do processo a serem analisados

Nesta etapa realizou-se uma reunião com os membros da equipe para a definição de quais etapas do processo seria estudado. Para isto, foram definidas quais etapas possuíam maior grau de abrangência, em relação ao número de peças, quais etapas aparentavam possuir a maior quantidade de perdas, quais etapas são gargalos de produção e com que frequência estas etapas são executadas.

O pesquisador solicitou que os integrantes da equipe mencionassem quais etapas do processo que consideravam atender os requisitos mencionados. O processo de Corte Laser da Máquinas Kehl LTDA é dividido em 4 etapas principais: a) Processo Orçamentário e Engenharia; b) Processo de Corte Laser c) “Processos Diversos” d) Expedição e Recebimento.

A partir da observação dos requisitos e da divisão do processo nas etapas principais, a equipe resolveu analisar as etapas de Orçamento e engenharia, Corte Laser e Expedição e Recebimento, isto devido ao fato de que estas atividades estão presentes em 100% das peças. A etapa de “Processos Diversos” (dobra CNC, ajustagem, solda e etc.), foi excluída da análise, pois estes estão presentes em apenas de 10% a 15% das peças produzidas no setor de Corte Laser da Máquinas KehI LTDA.

4.4.3 Identificação das perdas segundo o STP

O processo de venda de peças sob encomenda e prestação de serviço de Corte Laser de chapas, possui diversas atividades até o produto ficar pronto, conforme descrito na seção 4.2.2, por este motivo o processo foi dividido em quatro grandes etapas: (a) Processo Orçamentário e Engenharia, (b) Processo de Corte Laser, (c) Processos Diversos (dobra CNC, ajustagem, solda e acabamento) e (d) Processo de Recebimento e Expedição.

O desdobramento dos processos em suas respectivas atividades foi realizado através de análise da equipe de trabalho em relação aos processos realizados atualmente e ao fluxograma das atividades desempenhadas pelo setor de Corte Laser de chapas da Máquinas KehI LTDA (figura 21), sendo definidos desta forma:

- **Processo Orçamentário e Engenharia**
 1. Recebimento desenho(s) da(s) peça(s) e número de orçamento
 2. Avaliar desenhos (material, espessura, processos)
 3. Cadastrar peças e manipular desenhos
 4. Simulação de tempos de operação e material
 5. Criação da ficha técnica
 6. Montagem da base do orçamento
 7. Cálculo do preço de venda
 8. Encaminhar base orçamento vendas
 9. Abrir ordem de produção e liberar para produção
 10. Encerrar O.P.s e dar entrada no estoque

- **Processo de Corte Laser**

1. Programar corte e gerar PDF do corte
2. Buscar O.P e PDF do programa
3. Buscar chapa no estoque
4. Colocar chapa na máquina
5. Realizar *Setup* da máquina
6. Realizar o processo de corte
7. Separar peças de acordo com o desenho
8. Encaminhar para outros processos ou expedição

- **Processos Diversos**

1. Receber peças
2. Analisar qual etapa do processo deve ser realizado
3. Realizar a operação necessária
4. Encaminhar próximo processo ou expedição

- **Processo de Expedição e recebimento**

1. Receber chapas
2. Guardar no estoque
3. Receber peças
4. Conferir peças e quantidades
5. Embalar peças e etiquetar
6. Encaminhar O.P.s para encerramento
7. Transportar para envio ao cliente

4.4.4 Construção da matriz das perdas

Através de análises e levantamento de idéias da equipe de trabalho, relacionou-se as etapas dos processos, listadas na seção 4.4.3, com as 7 perdas do Sistema Toyota de Produção. A partir disto, pode-se identificar as perdas que ocorrem em cada etapa do processo, sendo estas apresentadas na Matriz das perdas que foi elaborada a partir de tais observações.

MATRIZ DAS PERDAS	TIPOS DE PERDAS						
	Perdas por superprodução	Perdas por espera	Perdas por transporte	Perdas por processamento em si	Perdas por estoque	Perdas por desperdício de movimento	Perdas por fabricação de produtos defeituosos
1. Recebimento desenho e número de orçamento		X					
2. Avaliar desenhos (material, espessura, processos)		X				X	X
3. Cadastrar peças e manipular desenhos						X	X
4. Simulação de tempos de operação e material		X					
5. Criação da ficha técnica						X	
6. Montagem da base do orçamento						X	
7. Cálculo do preço de venda		X	X				
8. Encaminhar base orçamento vendas		X					
9. Abrir ordem de produção e liberar para produção		X				X	
10. Encerrar O.P.s e dar entrada no estoque		X					
11. Programar corte e gerar PDF do corte		X				X	
12. Buscar chapa no estoque		X	X			X	X
13. Colocar chapa na máquina		X	X			X	
14. Realizar <i>Setup</i> da máquina		X	X			X	
15. Separar peças de acordo com o desenho		X	X			X	X
16. Encaminhar para outros processos ou expedição		X	X			X	
17. Receber chapas			X			X	
18. Guardar chapas no estoque			X		X	X	
19. Conferir peças e quantidades		X				X	
20. Embalar peças e etiquetar		X			X	X	X
21. Encaminhar O.P.s para encerramento			X			X	
22. Transportar para envio ao cliente		X	X			X	

Figura 22 - Matriz das perdas

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Kayser (2001).

Conforme mencionado anteriormente, a etapa “Processos Diversos”, foi excluída da análise, sendo assim a mesma não consta na matriz das perdas. A figura 22, Matriz das perdas, apresenta as etapas do processo de Corte Laser que

foram analisadas, estas divididas nas atividades necessárias para a realização do processo. Nesta matriz foi relacionado cada atividade desenvolvida, com os 7 tipos de perdas propostos pelo Sistema Toyota de Produção. Para desenvolver esta matriz os membros da equipe de trabalho tiveram que analisar cada atividade separadamente. Feito isso, foi possível identificar as perdas existentes em cada atividade do processo.

4.4.5 Quantificação e priorização das perdas

A definição dos critérios de quantificação das perdas é de grande importância, pois estes possibilitam verificar se o método proposto é eficaz na redução das perdas. Para realização dos critérios de quantificação das perdas foi realizada uma reunião da equipe de trabalho, onde foram debatidas quais vantagens procurava-se obter com a realização deste estudo, a partir destes ficou definido duas vantagens principais, redução dos custos e redução do *lead time* de produção, sendo assim os critérios de quantificação das perdas foram definidos como 'valor monetário', 'tempo' e 'distância percorrida'.

Esses critérios foram utilizados para mensurar as perdas em todas as etapas do processo, porém para este estudo a empresa não permitiu a divulgação de dados sobre valores monetários. Para realização da mensuração das perdas em valores monetários, o autor deste estudo adotou o piso da categoria (R\$ 3,50 p/ hora) somado aos encargos, estes foram considerados sendo de 100% totalizando R\$ 7,00 por hora para o setor produtivo, e uma vez e meia o piso da categoria (R\$ 5,25 p/ hora) somada a encargos de 100% totalizando R\$ 10,50 por hora para o setor de Departamento Técnico. Por outro lado, a mensuração dos tempos consumidos nas atividades e desperdiçados com as perdas pode ser realizada e divulgada neste estudo.

Após a análise dos critérios para quantificação das perdas, determinou-se que os tempos de todas as etapas deveriam ser coletados para realizar a quantificação das perdas. Para realização da tomada de dados, o grupo de trabalho criou uma ficha onde constava cada atividade a ser realizada pelo setor de Corte

Laser da Máquinas Kehl LTDA, e estas foram preenchidas por cada funcionário que realizou as atividades até a peça se encontrar em seu estado acabado.

Matriz de Quantificação das Perdas		Nº de funcionários envolvidos	R\$ Pagos por hora funcionário(*)	Tempo por semana (horas)	Tempo gasto com perdas (horas)	Distância (metros)	Custo mão-de-obra por semana (perdas)
1	Recebimento desenho e número de orçamento	1	R\$ 10,50	10,8	10,8	-	R\$ 113,40
2	Avaliar desenhos (material, espessura, processos)	3	R\$ 10,50	18	14,4	-	R\$ 151,20
3	Cadastrar peças e manipular desenhos	3	R\$ 10,50	43,2	17,28	-	R\$ 181,44
4	Simulação de tempos de operação e material	1	R\$ 10,50	7,2	7,2	-	R\$ 75,60
5	Criação da ficha técnica	3	R\$ 10,50	36	14,4	-	R\$ 151,20
6	Montagem da base do orçamento	3	R\$ 10,50	28,8	11,52	-	R\$ 120,96
7	Cálculo do preço de venda	1	R\$ 10,50	16,2	8,1	50	R\$ 85,05
8	Encaminhar base orçamento vendas	3	R\$ 10,50	7,2	5,04	-	R\$ 52,92
9	Abrir ordem de produção e liberar para produção	1	R\$ 10,50	12,6	6,3	-	R\$ 66,15
10	Encerrar O.P.s e dar entrada no estoque	1	R\$ 10,50	14	7	-	R\$ 73,50
11	Programar corte e gerar PDF do corte	1	R\$ 10,50	14,8	7,4	-	R\$ 77,70
12	Buscar chapa no estoque	3	R\$ 7,00	22,25	22,25	50 / 200	R\$ 155,75
13	Colocar chapa na máquina	3	R\$ 7,00	8,65	6,06	-	R\$ 42,39
14	Realizar <i>setup</i> (inserir programa CNC)	3	R\$ 7,00	10,2	7,14	-	R\$ 49,98
15	Tempo de separação de peças	3	R\$ 7,00	11,1	6,66	5	R\$ 46,62
16	Encaminhar peças expedição	3	R\$ 7,00	5,2	5,2	10	R\$ 36,40
17	Receber chapas	1	R\$ 7,00	4	4	50	R\$ 28,00
18	Guardar chapas no estoque	1	R\$ 7,00	5	4	50	R\$ 28,00
19	Conferir peças e quantidades	1	R\$ 7,00	5,32	2,66	-	R\$ 18,61
20	Embarcar peças e etiquetar	1	R\$ 7,00	6,65	3,99	-	R\$ 27,93
21	Encaminhar O.P.s para encerramento	1	R\$ 7,00	3,23	3,23	10	R\$ 22,63
22	Transportar para envio ao cliente	1	R\$ 7,00	10	10	50	R\$ 70,00

Quadro 5 - Matriz de quantificação das perdas

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Kayser (2001).

Entretanto, adotaram-se outros critérios para quantificação das perdas além dos acima mencionados, para facilitar na mensuração das perdas. Os critérios adotados para a quantificação das perdas podem ser visualizados na matriz de quantificação das perdas, os dados representados nesta são relativos a uma semana de coleta de dados, quadro 4.

No quadro 4 estão apresentados os tempos consumidos por cada atividade realizada pelo setor de Corte Laser da Máquinas Kehl LTDA, porém estes tempos não desdobram-se somente em perdas, nestas atividades são realizadas muitas

etapas que agregam valor ao produto, ou de alguma forma são necessárias para que o processo alcance o seu estado final. Por este motivo a partir de observações das atividades realizadas, o autor analisou quanto tempo destas atividades eram consumidas com perdas e as transformou em valores monetários.

Para a realização da matriz de quantificação das perdas, a equipe teve de analisar quanto tempo de cada atividade era consumido pelas perdas, isto se deu através da observação das atividades sendo realizadas, estas observações foram desenvolvidas durante 3 dias, e ainda conversas entre o grupo de trabalho, devido que todos participam das atividades analisadas, e assim pode-se determinar quanto tempo de cada atividade era consumido pelas perdas.

Na atividade buscar chapa no estoque, na coluna distância, consta duas distâncias a ser percorrida, isto devido que o setor de Laser da Máquinas Kehl LTDA, possui um estoque interno (50m) de chapa e um externo (200m), vide *Layout* apêndice D. No estoque interno encontram-se as chapas de espessura mais finas e chapas que deve-se ter cuidado com a superfície (inox), no estoque externo são mantidas as chapas mais espessas e material de terceiros.

A partir da análise da Matriz de quantificação das perdas já pode-se observar quais etapas do processo apresentam um maior custo monetário com as perdas e quais as etapas que consomem mais tempo de mão-de-obra com as perdas, mas para facilitar a visualização foi criado um gráfico de barras. Neste gráfico ficam evidenciadas as etapas do processo que geram maiores gastos com as perdas de mão-de-obra (gráfico 1).

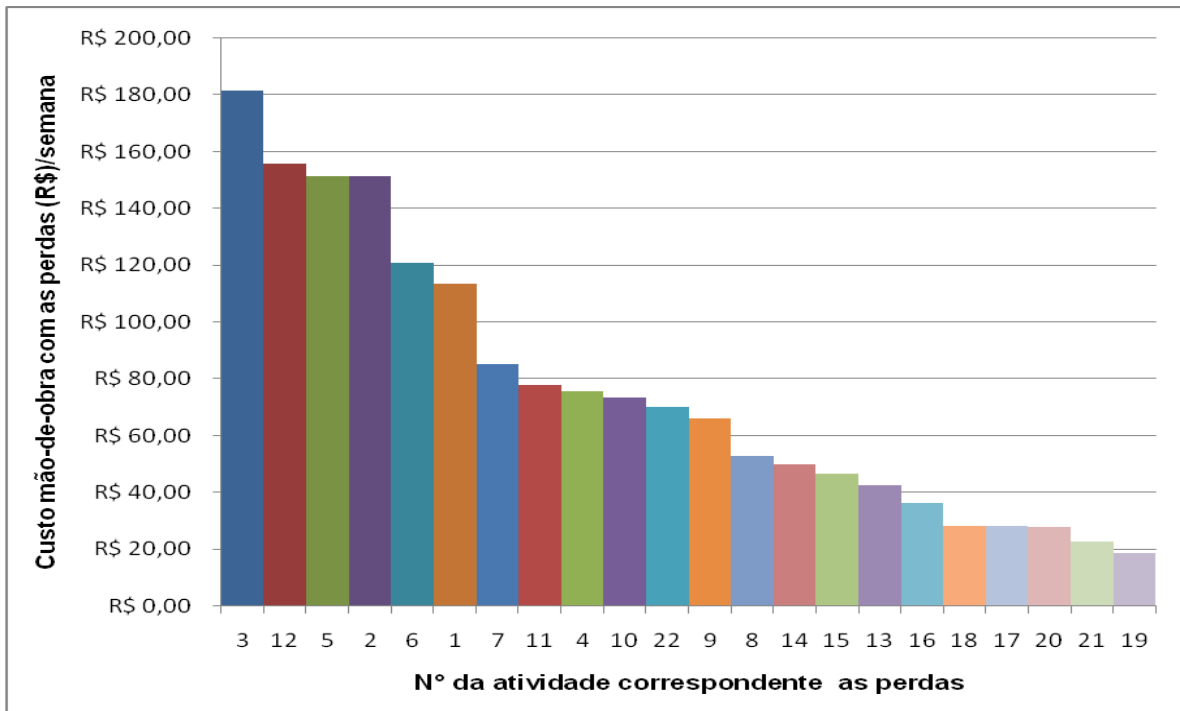


Gráfico 1 - Custo mão-de-obra com as perdas

Fonte: Elaborado pelo autor

No eixo horizontal do gráfico 1 utilizou-se o número da etapa correspondente a atividade onde ocorre a perda, e no eixo vertical o custo da mão-de-obra (R\$) com as perdas por semana, em valores monetários para cada etapa do processo. As atividades correspondentes aos números podem ser visualizadas na matriz de quantificação das perdas (quadro 4).

A partir da análise da Matriz de quantificação das perdas e do gráfico gerado por esta, foi possível estabelecer as perdas que geram um maior custo monetário para realização das atividades. Assim, foi possível o grupo de trabalho estabelecer quais perdas seriam priorizadas para dar continuidade no procedimento metodológico.

Após estabelecer quais perdas seriam priorizadas o grupo de trabalho fez a análise de cada etapa, para ver quais tipos de perdas ocorriam durante a execução das etapas de trabalho. Ao saber quais perdas seriam priorizadas, quais perdas ocorriam em cada etapa, o grupo de trabalho pode visualizar por qual motivo a perda ocorria, e assim propor melhorias e analisar a viabilidade de implementação das mesmas.

4.4.6 Sugestões de melhorias para redução das perdas

A partir da definição das perdas priorizadas e dos tipos de perdas que ocorrem em cada etapa, foi possível analisar os motivos que geram as mesmas. Abaixo estão descritas cada etapa, de que forma ocorrem as perdas, as sugestões de melhorias que possam vir a ser aplicadas e a viabilidade de implantação.

- **Na etapa 3: Cadastrar e manipular desenhos**

- Desperdício de movimentos: entrar em contato com o cliente para a retirada de dúvidas em relação à peça ser orçada;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: se alguma cota do desenho estiver editada a peça será produzida errada, devido ao fato de que o programa CNC da máquina é criado a partir do contorno do desenho.

- **Sugestão de melhoria**

Entrar em contato com os clientes para conscientizá-los de que se os desenhos possuírem cotas editadas ou faltar alguma informação as peças serão produzidas erradas, e que isto aumenta o tempo orçamentário e por consequência o *lead time* de produção. Enviar modelo de desenho do setor de Laser da Máquinas Kehl LTDA (Apêndice A), tabela de coeficientes de dobra CNC (Apêndice B) e tabela de materiais disponível em estoque (Apêndice C).

- **Viabilidade de implementação**

Viabilidade de implementação imediata, ao entrar em contato com o cliente para esclarecimento de alguma dúvida, o técnico responsável pode repassar as informações de como o desenho deveria estar apresentado, e explicar que isto traria consequências positivas para o cliente e para o setor em estudo. Neste caso não seria necessário o investimento de recursos econômicos, pois, a empresa já possui o custo de mão-de-obra e de telefone cada vez que é necessário entrar em contato com o cliente. Ao implantar a melhoria proposta o setor reduziria estes custos, que segundo os dados obtidos e quantificados na matriz das perdas é em média de R\$ 180,00 por semana, e aumentaria o tempo disponível para realizar um número maior de orçamentos.

- **Etapa 12: Buscar chapa no estoque**

- Desperdício de movimentos: ir até o estoque de chapas para verificar se possuímos chapa, ou se tem algum retalho onde as peças possam ser cortadas;
- Perda por transporte: buscar chapa no estoque, sendo que algumas chapas estão no estoque interno (50m) e outras se encontram no estoque externo fora do prédio (200m), vide *layout* (Apêndice D);
- Perda por espera: aguardar a empilhadeira, pois o setor possui apenas uma, e a mesma é utilizada para transportar materiais de um setor para o outro, receber chapas e carregar as peças dos clientes;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: se o operador ao buscar a chapa pegar a espessura ou material errado, se caracteriza este tipo de perda.

- **Sugestões de melhorias**

Uma alternativa de melhoria para a perda com transporte seria a alteração do *layout* para alocação do estoque de chapas mais perto das máquinas. Para redução das perdas por desperdício de movimentos seria a criação de uma planilha contendo as chapas que mantemos em estoque, se possuímos retalhos e em quais tamanhos, assim reduzindo a perda para verificação de material.

Para redução de fabricação de produtos defeituosos a realização de treinamento de utilização de instrumentos de precisão e para identificação dos tipos de materiais utilizados no corte. A sugestão para reduzir a perda por espera seria que o setor adquirisse mais uma empilhadeira.



Figura 23 - Setor de corte laser

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Viabilidade de implementação**

A alteração do *layout*, no momento é inviável, devido ao fato de que o setor atualmente está sendo ampliado para alocação de mais uma máquina de corte plasma, e já foi realizado um estudo para posicionar as máquinas da melhor forma possível. A sugestão de melhoria para redução de desperdícios de movimento, seria a criação de uma planilha com a quantidade de matérias e retalhos, sendo a viabilidade de implementação imediata, sendo necessário apenas realizar um levantamento de estoque para realização da mesma. A criação de uma planilha não traria custos ao setor em estudo, além dos custos já gastos com mão-de-obra, que é em média de R\$ 40,00 por semana, e após a mesma estar pronta e sendo mantida atualizada, esta vai propiciar uma redução do valor gasto com mão-de-obra desta atividade.

Para redução da fabricação de produtos defeituosos, no momento não é necessário realizar um treinamento deste tipo, devido ao fato de todos os operadores já possuem experiência nesta função. A proposta para redução da espera, aquisição de mais uma empilhadeira, é viável á médio prazo, sendo necessário analisar junto à diretoria a disponibilidade de recursos para serem investidos.



Figura 24 - Transporte de chapa para o corte

Fonte: Elaborado pelo autor

O valor a ser investido para aquisição de uma empilhadeira nova é de R\$ 60.000,00 reais, podendo variar de acordo com a marca, modelo e capacidade de carga, e o investimento necessário para a compra de uma empilhadeira usada é de R\$ 30.000,00 reais. A compra traria benefícios para o setor em estudo, pois resultaria numa diminuição dos tempos de espera e como o setor está sendo ampliado com a aquisição de mais máquinas de corte, isto acabará se tornando necessário.

O retorno do investimento se daria num prazo de 10 anos. Ao implantar as melhorias propostas o setor reduziria os custos com as perdas, que segundo os dados obtidos através da Matriz das perdas, é em média de R\$ 155,75.

- **Etapa 5: Criação da ficha técnica**

- Desperdício de movimentos: realizar qualquer movimento, como ir a impressora a cada cópia gerada, ou realizar alguma atividade que não agrega valor ao produto, atender telefone.

- **Sugestão de melhoria**

Criação de padrões de como as atividades devem ser realizadas, para redução das perdas por desperdício de movimentos.

- **Viabilidade de implementação**

A melhoria proposta para redução das perdas por desperdício de movimentos criação de um padrão, já faz parte da atividade realizada sendo

necessário apenas retomar a idéia e colocá-la em prática. Sendo assim a mesma não traria custos adicionais ao setor, além dos recursos já gastos com mão-de-obra. Sendo que a perda com esta atividade totaliza R\$ 180,00 por semana, de acordo com a matriz de quantificação elaborada neste estudo.

- **Etapa 2: Avaliar desenhos (Material, Espessura, Processos)**

- Desperdício de movimentos: entrar em contato com o cliente para a retirada de dúvidas em relação ao material a ser cortado, a espessura e se todos os processos serão realizados pelo setor de Laser da Máquinas Kehl LTDA;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: se a peça não contiver o material a ser cortado, espessura e quais processos vão ser realizados pelo setor em estudo, as peças podem ser manufaturadas de forma equivocada.

- **Sugestão de melhoria**

Treinar os funcionários do Departamento Comercial para que possam analisar se todas as informações necessárias para a realização da peça foram informadas pelo cliente, pois estes são os primeiros a receber os desenhos e tais informações. Assim só enviando a peça a ser orçada quando a mesma contiver todas as informações necessárias para a realização do orçamento.

- **Viabilidade de implementação**

Viabilidade de implementação imediata, devido ao fato de que este treinamento poderia ser efetuado por algum dos funcionários do Departamento Técnico. Criar um *check list* de quais informações o cliente deve repassar para que o orçamento possa ser realizado e em qual formato os arquivos devem estar. Neste caso não seria necessário o investimento de recursos econômicos, pois este treinamento e criação do *check list* seriam realizados durante o expediente de trabalho de um dos funcionários do departamento, acredita-se que 9 horas seriam suficientes, custando R\$ 94,50.

- **Etapa 6: Montagem base orçamento**

- Desperdício de movimentos: realizar qualquer movimento desnecessário (ir até impressora) ou realizar alguma atividade que não agrega valor ao produto (atender telefone).

- **Sugestão de melhoria**

Criação de padrões de como às atividades devem ser realizadas, para redução das perdas por desperdício de movimentos.

- **Viabilidade de implementação**

A utilização de padrões já faz parte da atividade realizada sendo necessário apenas retomar a idéia e colocá-la em prática. Sendo necessário realizar uma reunião com todos os funcionários envolvidos nesta etapa, e lembrar a necessidade de utilização do padrão na realização da atividade. Acredita-se que esta reunião duraria 1 hora de trabalho, tendo o custo de R\$ 31,50 relativo ao valor hora dos funcionários envolvidos (3). Possibilitando uma redução de custos com as perdas de R\$ 120,96 por semana.

- **Etapa 1: Recebimento de desenho e número de orçamento**

- Perda por espera: aguardar a fila de execução de orçamentos, até algum dos técnicos estar disponível para realizar a tarefa.

- **Sugestões de melhorias**

Para que se possam reduzir as perdas por espera desta atividade, seria necessária a implantação da melhoria proposta na etapa 3, que é uma conscientização dos clientes para que enviem seus desenhos no formato correto para realizar o orçamento, pois assim diminuiria o tempo para realização dos orçamentos. Outra solução proposta é a contratação de mais um funcionário para o setor de Departamento Técnico, pois o setor possui um posto de trabalho disponível.

- **Viabilidade de implementação**

Como sugestão para redução das perdas por espera sugere-se a implantação da melhoria proposta na etapa 3, a viabilidade é imediata, isto porque com apenas uma proposta poderia se melhorar duas atividades. Em relação à segunda proposta, contratação de mais um funcionário para o Departamento Técnico, a viabilidade é imediata, devido ao fato de que a empresa está expandindo o setor e já vinha analisando esta possibilidade, que geraria um custo de R\$ 2.310,00 ao mês, já incluídos os encargos trabalhistas. Possibilitando uma redução do custo com a perda nesta atividade R\$ 113,40 por semana.

- **Etapa 7: Cálculo do preço de venda**

- Perda por espera: aguardar a funcionária de custos terminar as tarefas que está realizando para poder realizar o cálculo;

- Perda por transporte: encaminhar base orçamento e desenhos para o Setor de Custos, que fica localizado a cerca de 50m de distância.

- **Sugestão de melhoria**

Uma alternativa de melhoria seria os próprios funcionários do setor de Departamento Técnico realizar o cálculo do preço de venda, pois a funcionária do Departamento de Custos atende todos os setores da empresa, ou reposicionar o Setor de Custos mais perto do setor em estudo.

- **Viabilidade de implementação**

Para que o cálculo fosse realizado pelo Departamento Técnico seria necessária a contratação de mais um funcionário, devido ao fato de que estes estão sobrecarregados com a alta demanda de orçamentos e assim não teriam tempo para realizar os cálculos, sendo assim a viabilidade de implementação é em curto prazo, caso a sugestão da etapa 1 viesse a ser implantada, o valor gasto nesta etapa, possibilitaria a melhora em 2 atividades. Possibilitando uma redução de custos com perdas em R\$ 85,05 por semana.

A viabilidade de reposicionar o Setor de Custos no momento é inviável, pois o mesmo atende todos os setores da empresa, e encontra-se em um ponto estratégico, permitindo o acesso de todos, e também devido ao fato que no setor de Laser da Máquinas Kehl LTDA, não possui espaço físico para alocação de mais um setor.

- **Etapa 11: Programar corte e gerar PDF do corte**

- Perda por espera: aguardar disponibilidade da máquina para que possa ser programado o corte, e as peças possam ser manufaturadas;
- Desperdício de movimentos: deslocar-se a cada PDF gerado até a impressora e encaminhar para o corte.

- **Sugestões de melhorias**

Uma alternativa de melhoria para a perda por espera seria a redução do *lead time* de produção de outras peças, assim possibilitando uma menor espera. Outra possibilidade para a redução das esperas seria a compra de mais uma máquina. Para a redução dos desperdícios dos movimentos uma alternativa seria a padronização da atividade realizada.

- **Viabilidade de implementação**

A redução das perdas por espera para o corte seria viável se o método proposto fosse implantado, e assim possibilitaria-se a redução do *lead time* de produção. Em relação à proposta de melhoria, aquisição de mais uma máquina de corte laser, é viável a médio prazo, devido ao fato de que o número de clientes e o número de peças tem aumentado consideravelmente, sendo necessário apenas verificar a disponibilidade de recursos com a direção da empresa, o que já vem sendo analisado pela mesma. O valor a ser investido na compra da máquina R\$ 1.500.000,00, podendo variar de acordo com a marca e modelo.

- **Etapa 4: Simulação de tempos de operação e material**

- Perda por espera: aguardar o técnico que realiza a simulação do tempo de operação e material, realizar a atividade.

- **Sugestões de melhorias**

A melhoria proposta para a redução das perdas por espera seria a instalação do *software* de simulação nos computadores de todos os funcionários do setor.

- **Viabilidade de implementação**

A proposta de melhoria para redução das perdas por espera é viável a longo prazo, sendo necessário avaliar junto a diretoria da empresa a disponibilidade de recursos a serem investidos, no momento seria mais viável a organização das tarefas, ou seja, enquanto o responsável pela simulação realiza a atividade, o outro fica encarregado de realizar outra tarefa, como a montagem da base do orçamento, reduzindo as perdas com essa atividade em R\$ 75,60 por semana.

- **Etapa 10: Encerrar O.P.s e dar entrada no estoque**

- Perda por espera: aguardar a funcionária realizar outras tarefas que são de sua responsabilidade para realizar a atividade.

- **Sugestões de melhorias**

Para redução de perdas por espera neste caso, seria necessária somente uma melhor divisão do tempo destinado a cada etapa.

- **Viabilidade de implementação**

Por se tratar apenas de uma adequação de melhor divisão das atividades, a viabilidade de implantação é imediata, pois não será necessário o uso de recursos financeiros, redução da perda em R\$ 73,50 por semana.

- **Etapa 22: Transportar peças para envio ao cliente**

- Perda por transporte: encaminhar peças para envio ao cliente, sendo que a Expedição se encontra a uma distância de 50 metros de onde os veículos aguardam para serem carregados;
- Perda por espera: aguardar a liberação da empilhadeira para transporte das peças até o veículo do cliente ou da transportadora;
- Desperdício de movimentos: realização de deslocamentos desnecessários para a atividade.



Figura 25 - Peças a serem conferidas e embaladas
Fonte: Elaborado pelo autor

- **Sugestões de melhorias**

A melhoria proposta para redução das perdas por transporte nesta atividade seria a alteração do *layout*, reposicionando o setor de expedição perto do setor de carga e descarga. Para redução das perdas por espera seria necessária a implementação de proposta já feita neste estudo (etapa 12) que é a aquisição de mais uma empilhadeira. Para redução das perdas por desperdícios de movimentos é necessária a criação de um padrão para realização das atividades.

- **Viabilidade de implementação**

A alteração do *layout* para redução das perdas por transporte é inviável neste momento, como mencionado anteriormente o setor está sendo ampliado, sendo necessário aguardar tais modificações para realizar uma análise desta possível alteração. A melhoria proposta para redução das perdas por desperdício de movimentos é a criação de um padrão, o que já faz parte da atividade realizada

sendo necessário apenas retomar a idéia e colocá-la em prática. Para a perda por espera aguardar liberação da empilhadeira, já foi proposto uma melhoria neste sentido na etapa 12, aquisição de mais uma empilhadeira, reduzindo a perda em R\$ 70,00 por semana.

- **Etapa 9: Abrir O.P.s e liberar para produção**

- Desperdício de movimentos: deslocar-se até o setor de engenharia das máquinas para copiar desenhos no verso das O.P.s.
- Perda por espera: aguardar a funcionária realizar outras tarefas que são de sua responsabilidade para realizar a atividade.

- **Sugestões de melhorias**

Para que se possam reduzir as perdas por desperdícios de movimentos neste caso, os desenhos poderiam ser impressos no próprio Departamento Técnico do setor em estudo, ou adquirir uma máquina de fotocópia para o setor. Para redução de perdas por espera neste caso, seria necessária somente uma melhor divisão do tempo destinado a cada etapa.

- **Viabilidade de implementação**

A sugestão para redução dos desperdícios de movimentos é inviável, pois o valor a ser investido na compra desta fotocopiadora é de R\$ 2.500,00, e esta seria pouco utilizada, entretanto, seria viável usar a impressora do setor para imprimir os desenhos no verso dos mesmos. Para redução das perdas por espera, por se tratar apenas de uma adequação é uma proposta viável e a implantação imediata, reduzindo os custos com as perdas em R\$ 66,15 por semana.

- **Etapa 8: Encaminhar base orçamento vendas**

- Perda por espera: após a base do orçamento ser enviada para o Setor Comercial, ocorre a perda quando o responsável por encaminhar os orçamentos para o cliente não se encontra na empresa (visita à clientes).

- **Sugestões de melhorias**

A melhoria proposta para redução desta perda é treinar mais um funcionário do Setor Comercial para que possa complementar o orçamento com os parâmetros de vendas.

- **Viabilidade de implementação**

Esta melhoria é viável em curto prazo, devido ao fato de que o treinamento deste funcionário já vem ocorrendo, sendo necessária apenas a agilização para que

este esteja capacitado o mais breve possível, diminuindo as perdas em R\$ 52,92 por semana.

- **Etapa 14: Realizar *Setup* (inserir programa CNC)**

- Perda por espera: aguardar o programador disponibilizar o programa CNC na pasta virtual para acesso do operador;
- Perda por transporte: deslocar-se até o setor de Departamento Técnico para pedir para o programador disponibilizar o programa CNC;

- **Sugestões de melhorias**

A melhoria proposta para redução das perdas nesta atividade é criação de uma lista de prioridades diárias, para que o programador crie os programas CNCs antecipadamente, assim disponibilizando o mesmo previamente para o operador da máquina realizar o *Setup*.

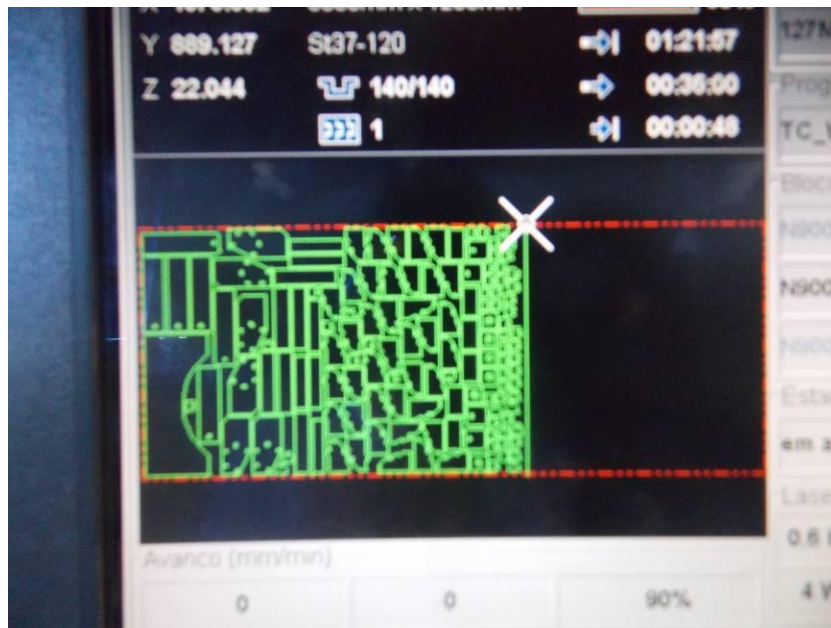


Figura 26 - Visão da tela de corte e seus parâmetros

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Viabilidade de implementação**

A criação de uma lista de prioridades é viável a curto prazo, pois assim o programador poderia criar os programas CNCs antecipadamente de acordo com as prioridades do Setor Comercial, resultando na diminuição das perdas por espera e transporte na atividade de realização de *setup* da máquina, as quais importam em R\$ 49,98 por semana.

- **Etapa 15: Tempo de separação das peças**

- Desperdício de movimentos: encaminhar sucata da chapa até o local apropriado a cada chapa cortada;
- Perda por espera: aguardar a liberação da empilhadeira para transporte das peças até a Expedição ou o retalho de material ao estoque;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos: ocorre se durante a separação das peças, o operador misturar as peças de clientes diferentes, ou se alguma peça pequena se perder durante o processo de separação ou envio à Expedição;
- Perda por transporte: encaminhar peças para a Expedição e retalho de chapas para o estoque ou sucata.



Figura 27 - Separação de peças

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Sugestões de melhorias**

A melhoria proposta para a redução das perdas por desperdício de movimentos é organizar um espaço ao lado da máquina para colocar os retalhos ou a sucata da chapa, e somente encaminhar o retalho ou sucata para o seu local apropriado quando fosse buscar outra chapa. Para a perda por espera aguardar liberação da empilhadeira, já foi proposto uma melhoria neste sentido na etapa 12, aquisição de mais uma empilhadeira.

Para redução de fabricação de produtos defeituosos, pode-se realizar uma reunião explicando para os operadores que as perdas de peça durante o processo agregam valor ao produto e aumentam o *lead time* de produção. Para a redução de

perdas por transporte seria necessária uma alteração no *layout*, para aproximar o setor de corte ao estoque.

- **Viabilidade de implementação**

Para redução da perda por desperdícios de movimento seria necessária a organização de um espaço onde os retalhos ou sucatas possam ser colocados, a viabilidade de implementação é imediata, sendo necessária apenas uma melhor organização do espaço disponível. A proposta para perda por espera já foi avaliada na etapa 12, portanto se a melhoria proposta nesta etapa fosse implantada ela resultaria melhoras em diversas atividades realizadas.

A proposta para redução de fabricação de produtos defeituosos, é viável, a implementação ocorreria em curto prazo, por se tratar apenas de uma conversa com os operadores explicando que esta perda aumenta o *lead time* de produção e agrega custo a fabricação de peças, pois o processo tem que ser repetido para a fabricação de um número pequeno de peças. A melhoria proposta alteração de *layout*, para redução das perdas por transporte, é inviável no momento, pois o setor está sendo ampliado para alocação de mais uma máquina de corte, sendo necessário aguardar as mudanças para verificação do espaço disponível. Para a implantação das propostas desta etapa não seria necessário a utilização de recursos financeiros, por se tratar apenas de questões organizacionais, resultando em uma diminuição das perdas em R\$ 46,62 por semana.



Figura 28 - Sucata de chapa

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.6.1 Sugestão adicional

Para a elaboração da Matriz de quantificação das perdas, o estoque de matéria-prima não foi analisado, devido à indisponibilidade de dados referentes às quantidades e valores das matérias-primas estocadas.

O setor de Corte Laser da Máquinas Kehl LTDA adota a política do estoque zero para chapas em aço, isto é possível devido ao fato de que a empresa possui um acordo com um fornecedor de chapas de aço que faz a entrega em no máximo 2 dias. Assim a matéria-prima que é mantida em estoque de aço é somente o que vai ser manufaturado em 2 dias, ou algum retalho de material.

A política de estoque para chapas em aço inox e alumínio é de possuir estoque mínimo, sendo este necessário, pois a empresa não possui fornecedor que entregue a matéria-prima em curto prazo. Além disso, estas chapas são consumidas em pouca quantidade e os fornecedores são de fora do estado. A quantidade mantida em estoque para estes materiais é de 2 chapas por espessura, sendo que só são feitos pedidos de compra destas M.P. quando o mesmo encontra-se zerado, ou quando ocorre um pedido que irá consumir mais matéria-prima do que é mantida em estoque.



Figura 29 - Estoque interno de chapas

Fonte: Elaborado pelo autor

- **Sugestões de melhorias**

A melhoria proposta para a redução das perdas por estoque, para aço inox e alumínio, é buscar fornecedores que possuam prazos de entrega menores, sendo o ideal um acordo semelhante o que é mantido com o fornecedor de aço. Entretanto se não for possível, pode-se fazer um levantamento do consumo médio mensal destas chapas para manter em estoque somente das que são consumidas.

- **Viabilidade de implementação**

Para redução da perda por estoque, a proposta de busca por fornecedores que possuam prazo de entrega menor, a viabilidade de implementação é imediata, sendo apenas necessário o comprador de M.P. contatar os fornecedores ou buscar outros e tentar negociar condições melhores do que as que possuímos até o momento, tendo um custo de R\$ 75,00 por 5 horas de trabalho.

A segunda proposta de melhoria, realizar um levantamento de consumo de chapas, possui viabilidade de implementação imediata, sendo necessário analisar os pedidos de chapas nos últimos 12 meses, para a compra apenas de matéria-prima que são utilizadas em um curto período, tendo um custo de R\$ 189,00 para o levantamento das chapas consumidas. Devido ao fato de que a empresa não disponibilizou os valores monetários referentes ao custo de matérias-primas mantidas em estoque, não pode-se fazer um levantamento de quanto poderia-se reduzir os custos com as perdas referentes a esta sugestão.

CONCLUSÃO

A solução da situação problema ocorreu a partir da realização dos objetivos específicos propostos no início do trabalho. Assim pode-se propor medidas para que o setor de Corte Laser de chapas da Máquinas Kehl LTDA viesse a alcançar a melhoria contínua e a redução dos custos, e assim podendo alcançar um preço mais competitivo no mercado.

O objetivo geral do trabalho, analisar e propor melhorias para redução das perdas no processo produtivo de Corte Laser, fundamentado nas 7 grandes perdas do Sistema Toyota de Produção, também pode ser alcançado através da realização dos objetivos específicos. Com a realização da pesquisa bibliográfica foi possível aprofundar os conhecimentos sobre o Sistema Toyota de Produção, as 7 grandes perdas e sobre o processo de Corte Laser de chapas.

A partir deste embasamento pode-se adaptar um método para a identificação das perdas, este foi adaptado da metodologia proposta por Kayser (2001) e dos conceitos do Sistema Toyota de Produção. Tal adaptação resultou em 7 etapas, divididas em 13 atividades, para identificar, priorizar e reduzir perdas, segundo o Sistema Toyota de Produção (quadro 4).

Após a conclusão dos procedimentos metodológicos, pode-se iniciar a implantação destes no setor de Corte Laser de chapas da Máquinas Kehl LTDA. Foram aplicadas as cinco primeiras etapas do método proposto. Este procedimento permitiu que o objetivo geral do trabalho fosse alcançado, pois foram geradas propostas de melhorias para a redução/eliminação das perdas, com a pretensão de gerar uma melhoria contínua e a redução dos custos. Os resultados de cada etapa aplicada foram apresentados no capítulo 4.

A realização do trabalho proporcionou um melhor conhecimento do Sistema Toyota de Produção, das 7 grandes perdas e do processo produtivo de Corte Laser de chapas, trazendo um aprofundamento dos conhecimentos de sistemas produtivos, das perdas, e das possíveis melhorias que a aplicação deste método pode gerar através das propostas, bem como a melhoria da qualidade do trabalho e conseqüentemente reduzindo-se as perdas, o lucro da empresa aumentaria. Ainda, foi possível, à aplicação dos conhecimentos adquiridos no curso, para a resolução dos objetivos específicos.

Se todas as melhorias propostas neste estudo viessem a ser aplicadas no setor de Corte Laser da Máquina Kehl LTDA, estas possibilitariam uma redução dos custos com as perdas de R\$ 1.471,47 por semana segundo a Matriz de quantificação das perdas. Neste levantamento não se levou em consideração a redução dos custos das propostas realizadas para a perda por estoque de matéria-prima, devido ao fato de que a empresa não disponibilizou os dados referentes ao estoque.

O autor deste estudo acredita que este valor monetário referente aos custos com as perdas poderia ser mais significativo, levando-se em consideração que os valores utilizados para os cálculos das perdas eram fictícios, uma vez que a empresa não disponibilizou tais dados. Além disso, este estudo somente foi aplicado em algumas atividades realizadas pelo setor de Corte Laser, devido à falta de tempo hábil, sendo que, caso o método fosse aplicado em todas as etapas acredita-se que o valor referente as perdas seria ainda maior .

Em relação as propostas de melhorias apresentadas neste estudo, estas ainda não foram analisadas pela empresa, entretanto algumas melhorias propostas neste estudo já foram realizadas durante a realização deste trabalho, tendo sido contratado um funcionário para o setor de Departamento Técnico e a empresa está adquirindo mais uma máquina de Corte Laser.

Quanto às limitações encontradas durante a realização deste trabalho, pode-se citar algumas, como o curto período de levantamento de dados referentes ao tempo consumido pelas atividades, uma vez que estes foram coletados em duas semanas a fim de não prejudicar as atividades dos colaboradores, sendo que se o período de amostragem fosse mais longo os dados seriam mais relevantes.

Ainda encontrou-se dificuldade na definição de como os dados seriam transformados em valores monetários, devido ao fato de que a empresa não permitiu o acesso aos valores referentes ao processo. Outra dificuldade encontrada foi a definição de quanto tempo de cada etapa, era gerado devido a perdas no sistema produtivo. E por fim, o pouco tempo para realização deste estudo.

Segue como sugestão para futuros trabalhos, que os procedimentos metodológicos propostos neste estudo fossem aplicados de forma completa, e assim fossem apresentados os resultados em outras áreas da empresa. Além disso, seria interessante que os procedimentos propostos fossem aplicados em uma indústria de outro segmento.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008. 326p. ISBN 9788577801169

ARGENTA, Marcelo; **Utilização do sistema Toyota de produção na melhoria do modelo produtivo**. Novo Hamburgo, RS. Monografia, 2007. Feevale 207p. Disponível em: <gedfeevale.br/bibvirtual/Monografia/MonografiaMarceloArgenta.pdf> Acesso em: 20 set. 2012.

DURMA. Disponível em: <v1.durmazlar.com.tr/products/11/ad-r-series>. Acesso em: 07 set. 2012.

FARO, Tiago Maria Carvalho de Brito e; **Estudo e otimização do corte laser de alta velocidade em chapa metálica fina**. Porto, Portugal. Tese de Mestrado, 2006. Universidade do Porto 155p. Disponível em: <repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11467/2/textointegral.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2010. 184 p. ISBN 9788522458233

HÖRNIG, Gabriela; **Identificação e redução das perdas em processo na indústria calçadista segundo conceitos do sistema Toyota de produção**. Porto Alegre, RS. Monografia, 2008. UFRGS 90p. Disponível em: www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/253_TD2_Gabriela_Hornig_vf.doc. Acesso em: 12 out. 2012.

KAYSER, Detlev; **Identificação e redução das perdas segundo o sistema Toyota de produção: um estudo de caso na área de revestimento de superfícies**. Porto Alegre, RS. Tese de Mestrado, 2001. UFRGS 108p. Disponível em: www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/Detlev%20Kayser.pdf. Acesso em: 04 out. 2012.

KEHL, máquinas. Disponível em: <<http://www.maquinaskehl.com.br>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica - 5. ed. Ver e ampl.** São Paulo: Atlas 2007. 312p. ISBN 9788522447726

LIKER, Jeffrey K. **Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre, RS. Bookman, 2007. 316p. ISBN 8536304952

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **Modelo Toyota: manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota**. Porto Alegre, RS. Bookman, 2007. 432p. ISBN 9788560031481

MUSSKOPF, Alexandre; **Estudo e proposta de melhorias do processo produtivo de peças sob encomenda**. Novo Hamburgo, RS. Monografia, 2009. Feevale 109p. Disponível em: <gedfeevale.br/bibvirtual/Monografia/MonografiaAlexandreMusskopf.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2012.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, RS. Bookman, 2004. 149p. ISBN 8573071702

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do Trabalho Científico: **Método e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2009. 288 p.

SHINGO, Shigeo: **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção** – 2.ed. Porto Alegre,RS: Bookman, 2007. 291p. ISBN 8573071699

SHINGO, Shigeo: **O sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre,RS: Bookman, 1996. 380p. ISBN 85-7307-168-0

SILVA, Maria Ermelinda Ribeiro da; **Instalação, teste e lançamento em exploração de equipamento de corte por laser**. Porto, Portugal. Tese de Mestrado, 2008. Universidade do Porto 90p. Disponível em: <repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58974/2/textointegral.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2012.

TINOCO, João Miguel Araujo; **Desenvolvimento de um sistema de troca automática de nozzle de corte para máquinas de corte por laser**. Porto, Portugal. Tese de Mestrado, 2011. Universidade do Porto 158p. Disponível em: <repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58410/1/000146116.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2012.

TRUMPF. Disponível em: < www.br.trumpf.com>. Acesso em: 30 set. 2012.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. – 4.ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2010. 248p. ISBN 9788577806553

ANEXOS

ANEXO A - Modelo desenho padrão para orçamento

DESENHO PADRÃO PARA ORÇAMENTO

PERFIL DA PEÇA COM ESPESSURA E COTAS
Preferencialmente externas

Coeficiente de Dobra	
V	40
R	5,2
K	0,37
<input checked="" type="checkbox"/> Perfil	
<input type="checkbox"/> Plano	

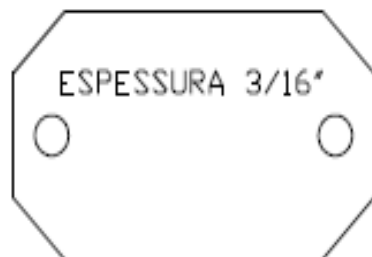
LINHAS DE DOBRA COM SENTIDO E GRAU

NÃO EDITAR COTAS
NO DETALHAMENTO QUALQUER ESCALA
COLOCAR AS COTAS MÁXIMAS EM CADA VISTA

SAE 1020
Esp. 3/16"

Coeficientes utilizados para modelar
Dão certeza que planificado tem o tamanho
certo para as medidas de dobra
extraído planilha excel Kehi

CONTORNO EM ESCALA 1:1 SEM COTAS



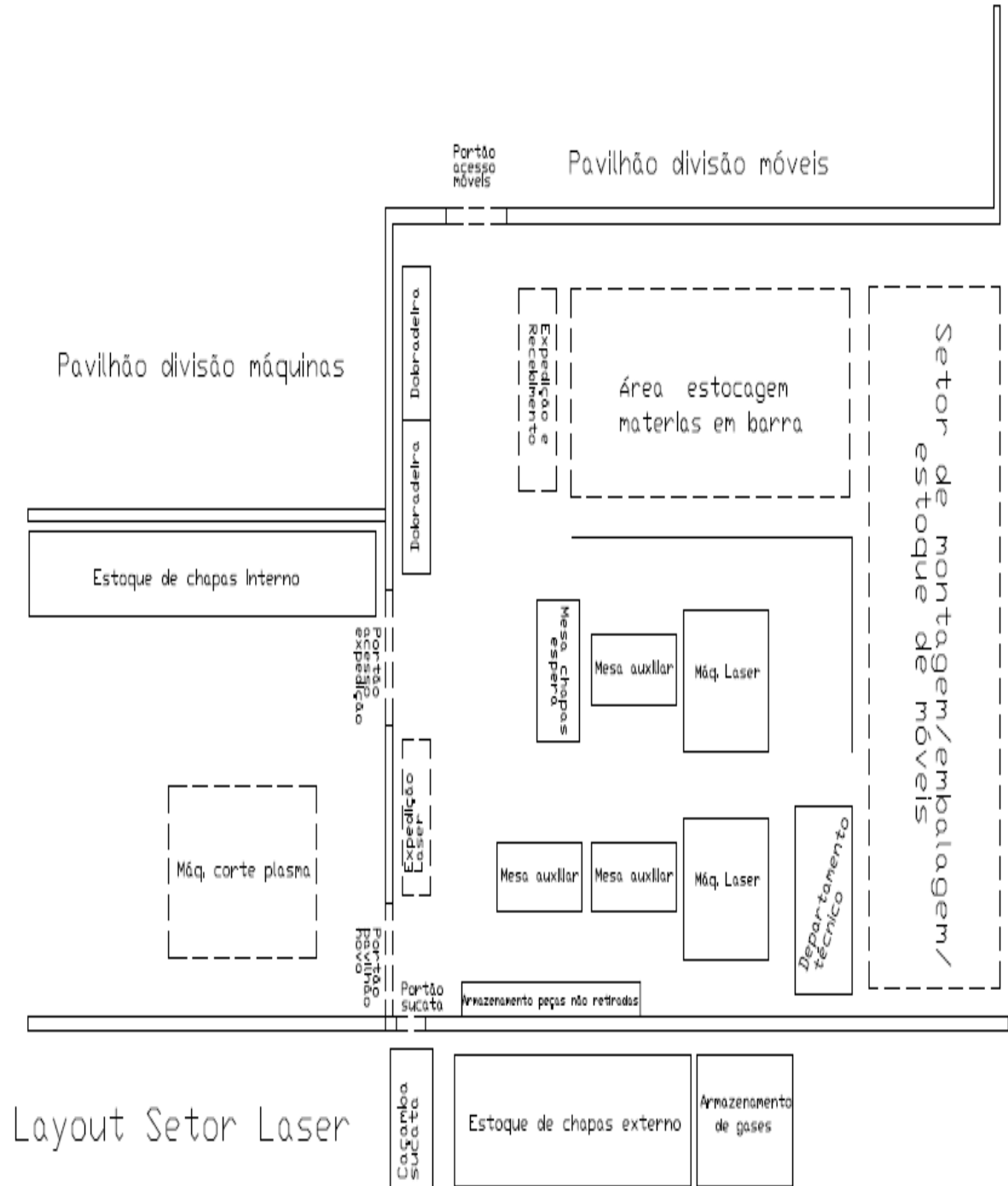
ANEXO B - Tabela coeficientes (aço) de dobra CNC

<u>PADRÕES DE DOBRA KEHL</u>							versão 05.11.12
							<i>Alexandre Musskopf</i>
RP = raio do punção que aplica esforço sobre o "V"							
VP = largura em mm e ângulo do "V" (Â ausente = 88° ou 90°)							
Ri = raio interno resultante da dobra e utilizável na modelagem SolidWorks							
K = Coeficiente K no SolidWorks							
Aba Mínima = Menor dimensão externa da aba dobrada (sempre a medida interna da aba deve ser maior que metade do V utilizado)							
CM = Comprimento longitudinal máximo da dobra							
D = Desenvolvimento de um perfil padrão $Ae \times Be \times Ae = D$							
onde Ae = dimensão externa das abas; Be = dimensão externa da base							
D serve para determinar coeficientes necessários em outros modeladores							
Basicamente e principalmente espessuras de 1,5mm ou menos ocupam como raio interno a espessura da chapa e $K=0,35$							
Nos desenhos planificados colocamos o código intermediário de grupo+espessura (assim a visualização ao montar o TAF é um mecanismo de controle). Exemplo: peça em aço SAE 1020 esp. 2mm onde o código (ver planilha Matérias Primas) é 01.373.6201.020, é colocado junto ao código Kehl da peça, o código reduzido 6201.020.							
Nem todas as matérias primas desta lista são mantidas em estoque.							
Iniciar sempre a escolha pelo V ideal = 8 vezes a espessura do material							
Utilizando estes parâmetros, identificar no des 2D . Exemplo para SAE 1020 esp. 2mm " dobra corrigida $V=16;R=2;K=0,44$ "							
CHAPAS ACO SAE 1010/1020 (Grupo 6201/6205)							
Espessura	RP	V/Âng	Ri	K (SW)	Aba Mín	CM	D
ESP. 0,48	1	12					Não tem
ESP. 0,65	1	12					Não tem
ESP. 0,76	1	12					
ESP. 1,00	1	12					
ESP. 1,20	1	12					
ESP. 1,52	1	12					
ESP. 2,00	1	12	2,0	0,52			
ESP. 2,00	1	16	2,0	0,44			
ESP. 2,25	1	16	2,0	0,40		1670	
ESP. 2,65	1	20	3,0	0,41			
ESP. 3,00	1	12	1,5	0,36			
ESP. 3,00	1	16	2,5	0,40			
ESP. 3,00	1	20	3,0	0,38			
ESP. 3,35	1						
ESP. 3,75	1	20	3,2	0,44			
ESP. 4,25	1	40	4,5	0,35			Reavaliado 01.10.12
ESP. 3/16"	1	20	2,8	0,39		100	Alexandre 11.08.11 EVITAR UTILIZAR
ESP. 3/16"	1	25	4,0	0,38		3000	
ESP. 3/16"	1	40	5,2	0,37		3000	MÁXIMO EXTENSÕES DE 30mm para dobra
ESP. 3/16"	1	50				3000	
ESP. 1/4"	1	40	6,0	0,40		3000	
ESP. 1/4"	1	50	5,2	0,33		3000	Alexandre 01.03.12 EVITAR UTILIZAR
ESP. 1/4"	1	60	8,5	0,36			Pode Requirer
ESP. 5/16"	1	40	5,0	0,39		3000	
ESP. 5/16"	1	60	9,0	0,35		3000	
ESP. 5/16"	1	90	12,0	0,25		3000	
ESP. 3/8"	1	40	5,4	0,37			
ESP. 3/8"	1	60	7,5	0,42			
ESP. 3/8"	1	90	15,5	0,40			
ESP. 1/2"	1	60	7,0	0,36			
ESP. 1/2"	1	90	12,1	0,38			Alex/Alexandre 05.11.12

ANEXO C - Tabela de matérias (aços) mantidos em estoque

MATÉRIAS PRIMAS - CHAPAS INTEIRAS DO LASER			
6201	CHAPAS ACO SAE 1010/1020	1200x3000	1500x3000
013736201005	CHAPA ACO SAE 1010 NR26 ESP. 0,48	13,565kg	16,956kg
013736201006	CHAPA ACO SAE 1010 NR24 ESP. 0,65	18,369kg	22,961kg
013736201007	CHAPA ACO SAE 1010 NR19 ESP. 0,76	21,478kg	26,847kg
013736201010	CHAPA ACO SAE 1010 NR19 ESP. 1,00	28,260kg	35,325kg
013736201012	CHAPA ACO SAE 1010 NR18 ESP. 1,20	33,912kg	42,390kg
013736201015	CHAPA ACO SAE 1010 NR16 ESP. 1,52	42,955kg	53,694kg
013736201020	CHAPA ACO SAE 1010 NR14 ESP. 2,00	56,520kg	70,650kg
013736201023	CHAPA ACO SAE 1010 NR13 ESP. 2,25	63,585kg	79,481kg
013736201027	CHAPA ACO SAE 1010 NR12 ESP. 2,65	74,889kg	93,611kg
013736201030	CHAPA ACO SAE 1010 NR11 ESP. 3,00	84,780kg	105,975kg
013736201032	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 3,2 (1/8") (não usada)	90,432kg	113,040kg
013736201034	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 3,35	94,671kg	118,339kg
013736201038	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 3,75	105,975kg	132,469kg
013736201040	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 4,00 (não usada)	113,040kg	141,300kg
013736201043	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 4,25	120,105kg	150,131kg
013736201048	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 4,76 (3/16")	134,518kg	168,147kg
013736201064	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 6,4 (1/4")	180,864kg	226,080kg
013736201079	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 7,9 (5/16")	223,254kg	279,068kg
013736201095	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 9,52 (3/8")	269,035kg	336,294kg
013736201127	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 12,70 (1/2")	358,902kg	448,628kg
013736201159	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 15,9 (5/8")	449,334kg	561,668kg
013736201190	CHAPA ACO SAE 1010 ESP. 19,05 (3/4")	551,070kg	688,838kg
6202	CHAPAS ACO SAE 1045	1200x3000	1500x3000
013736202027	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 2,65	69,237kg	86,546kg
013736202030	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 3,00	84,780kg	105,975kg
013736202048	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 4,76 (3/16")	134,51kg	168,147kg
013736202064	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 6,4 (1/4")	180,864kg	226,080kg
013736202079	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 7,9 (5/16")	223,254kg	279,068kg
013736202095	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 9,52 (3/8")	269,035kg	336,294kg
013736202127	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 12,7 (1/2")	358,902kg	448,628kg
013736202159	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 15,9 (5/8")	449,334kg	561,668kg
013736202190	CHAPA ACO SAE 1045 ESP. 19,05 (3/4")	551,070kg	688,838kg
6203	CHAPAS ACO SAE 1070	1200x3000	1500x3000
013736203010	CHAPA ACO SAE 1070 ESP. 1,00	28,260kg	35,325kg
013736203020	CHAPA ACO SAE 1070 ESP. 2,00	56,520kg	70,650kg
013736203025	CHAPA ACO SAE 1070 ESP. 2,50	70,650kg	88,313kg
013736203030	CHAPA ACO SAE 1070 ESP. 3,0 / 3,2	84,780kg	105,975kg
013736203048	CHAPA ACO SAE 1070 ESP. 4,76 (3/16")	134,518kg	168,147kg
013736203079	CHAPA ACO SAE 1070 ESP. 7,9 (5/16")	223,254kg	279,068kg

ANEXO D - Layout setor de laser da Máquinas Kehl LTDA



Layout Setor Laser