

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA**

FELIPE GOMES DOS SANTOS

MARCELO CHIL ZANGIACOMO

**REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NAS OPERAÇÕES EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2017**

FELIPE GOMES DOS SANTOS

MARCELO CHIL ZANGIACOMO

**REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NAS OPERAÇÕES EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Juan Carlos Claros Garcia

PONTA GROSSA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Mecânica
Bacharelado em Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NAS OPERAÇÕES EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Por

FELIPE GOMES DOS SANTOS e MARCELO CHIL ZANGIACOMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 8 de dezembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia
Prof.(a) Orientador(a)

Prof. Dr. Everton Luiz de Melo
Membro titular

Me. Marcos William Kaspchak Machado
Membro titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho
Coordenador do Curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Orientador Juan Carlos Claros Garcia, pelo apoio, suporte, paciência e atenção durante as etapas do trabalho.

Às nossas famílias, pelo apoio incondicional aos estudos e decisões tomadas nessa jornada.

Aos amigos e colegas, que sempre estiveram ao nosso lado em todos os momentos, seja para se divertir ou chorar.

Aos membros da banca, por nos atenderem com atenção e participarem de bom grado da banca avaliadora.

Deus pela força dada, aos nossos amigos
de todas as horas e principalmente a nossas
famílias por sempre fazer os ventos
sopremem ao nosso favor.

RESUMO

DOS SANTOS, Felipe Gomes; ZANGIACOMO, Marcelo Chil. **REDUÇÃO DO DESPERDÍCIO NAS OPERAÇÕES EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UM INDUSTRIA AUTOMOTIVA.** 2017. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre os desperdícios na linha de montagem de carrocerias em uma indústria automotiva. O objetivo foi, através da observação e análise dos postos de trabalho identificar os 7 desperdícios existentes no setor estudado. Outro foco do objetivo é identificar as atividades que agregam e não agregam valor e através de ferramentas do Sistema Toyota de Produção diminuir os desperdícios e assim aumentar o valor agregado ao produto. Foram realizadas 31 ações de ganho, a eliminação de um posto de trabalho e um aumento de 3% ao valor agregado em uma das linhas. Desperdícios encontrados em outras linhas não foram eliminados devido à resistência dos superiores em mudar certas práticas. Concluímos que o ganho adquirido pelo estudo permitiu que a área tivesse uma redução no tempo de entrega do produto, além de aumentar a quantidade de atividades que agregam valor em seu processo e que o ganho adquirido pelo estudo poderá se manter dependendo das mudanças culturais da empresa.

Palavras-chave: Linha de Montagem. Indústria Automotiva. Sistema Toyota de Produção. Desperdício.

ABSTRACT

DOS SANTOS, Felipe Gomes; ZANGIACOMO, Marcelo Chil. **REDUCTION OF WASTES IN OPERATIONS ON A PRODUCTION LINE OF AN AUTOMOTIVE INDUSTRY.** 2017. 57 p. Term Paper (Bachelor's degree in Mechanical Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

In this paper, a study was elaborated on wastes in the assembly line of bodywork in an automotive industry. The objective was, through the observation and analysis of the workstations, to identify the 7 wastes existing in the studied sector. Another focus of the objective is to identify the activities that aggregate and do not add value and through Toyota Production System tools to reduce waste and thus increase the value added to the product. There were 31 actions of gain, the elimination of one workstation and a 3% increase in the value added in one of the lines. Wastes found on other lines were not eliminated because of superior resistance to change certain practices. We conclude that the gain obtained by the study allowed the area to have a reduction in product delivery time, as well as to increase the amount of activities that add value in its process and that the gain acquired by the study may remain depending on the cultural changes of the company.

Key Words: Assembly Line. Automotive Industry. Toyota Production System. Waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha de produção simples	15
Figura 2 – Linha de produção mista	15
Figura 3 – Linha de produção multi-modelo	16
Figura 4 – Identificação do gargalo em uma linha de produção	18
Figura 5 – Representação do Sistema Toyota de Produção	22
Figura 6 – Produção Empurrada x Produção Puxada	25
Figura 7 – <i>Poka yoke</i> de processos	26
Figura 8 – <i>Poka yoke</i> de produto	27
Figura 9 – Distribuição de AV e NAV ao longo do tempo	28
Figura 10 – Ciclo PDCA	33
Figura 11 – Fabricas de produção.....	38
Figura 12 – Composição dos processos	38
Figura 13 – Composição das áreas do setor da carroceria	39
Gráfico 1 – Porcentagem de atividades que agregam e não agregam valor por área	45
Gráfico 2 – Porcentagem de desperdícios, atividades e tempo de espera por posto de trabalho	46
Gráfico 3 – <i>Takt time</i> de acordo com área	48
Gráfico 4 – Porcentagem de desperdícios, atividades e tempo de espera por posto de trabalho após o estudo	50
Gráfico 5 – <i>Takt time</i> de acordo com posto após o estudo	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de Classificação	40
Tabela 2 – Tabela de Classificação Preenchida	44
Tabela 3 – Valores dos desperdícios	47
Tabela 4 - Valores dos desperdícios após o estudo.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

c	Tempo de Ciclo
STP	Sistema Toyota de Produção
NAV	Atividades que Não Agregam Valor
AV	Atividades que Agregam Valor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO TEÓRICA	15
2.1 CONCEITOS SOBRE LINHA DE MONTAGEM	15
2.1.1 Gargalos de Produção.....	17
2.1.2 Tempo de Ciclo	18
2.1.3 Takt Time	19
2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA	20
2.2.1 Just in Time	23
2.2.2 Jidoka	25
2.2.3 Poka Yoke de Processos	25
2.2.4 Poka Yoke de Produtos.....	26
2.2.5 Atividades que Agregam e Não Agregam Valor	27
2.2.6 Os Sete Desperdícios da Produção	29
2.2.6.1 Desperdício por Superprodução.....	30
2.2.6.2 Desperdício por Espera.....	30
2.2.6.3 Desperdício por Transporte.....	31
2.2.6.4 Desperdício por Processamento	31
2.2.6.5 Desperdício por Estoque	32
2.2.6.6 Desperdício nos Movimentos	32
2.2.6.7 Desperdício Por Fabricação Defeituosa	32
2.3 FERRAMENTAS DE MELHORIA.....	32
2.3.1 5W2H	33
2.3.2 Kaizen	36
3 METODOLOGIA	37
3.1 METODOLOGIA.....	37
3.2 HISTÓRICO DA EMPRESA	37
3.4 COLETA DE DADOS	39
3.4 LEVANTAMENTO DE MELHORIAS	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44

4.1 RESULTADOS ENCONTRADOS	44
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A concorrência entre empresas está cada dia mais acirrada e é cada vez mais indispensável a redução de gastos e desperdícios tanto em recursos humanos (funcionários) como em insumos e outros gastos da produção (energia, ferramentas, etc.) para assim reduzir os custos de produção e manter preços competitivos no mercado.

No campo da Gestão Industrial ou de Produção há diversas maneiras para evitar estes desperdícios. Um conjunto de técnicas e ferramentas bastante conhecido e utilizado é o Sistema Toyota de Produção (STP).

Essa ferramenta foi desenvolvida na Toyota Company, logo após o fim da segunda guerra mundial visando a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua através da criatividade, inovação e evolução do processo produtivo.

Uma tendência da indústria brasileira automotiva é aplicar técnicas e ferramentas de redução de desperdícios derivados do Sistema Toyota de Produção. A empresa a ser estudada, a qual é uma indústria automotiva, está passando por melhorias quanto à redução de desperdícios.

Este trabalho irá abordar os desperdícios em uma linha de produção de carrocerias dessa indústria automotiva, principalmente, focando na redução de atividades que não agregam valor e em 5 dos 7 desperdícios da produção. Para atacar o problema utilizou-se de técnicas do STP como o *kaizen*, padronização de atividades, ciclo PDCA e a ferramenta 5W2H.

Também se colocou em prática a observação e documentação de cada posto de trabalho estudado através de fotos e partindo da análise de como se realiza cada processo buscar identificar os tipos de desperdícios, além disso foi coletado o tempo de ciclo de cada processo e quantificou-se as atividades que agregam(AV) e não agregam valor(NAV) para então escolher a solução mais viável para reduzir os desperdícios e NAV's através da filosofia do Sistema Toyota de Produção

1.1 OBJETIVO GERAL

Visto a importância de se reduzir os desperdícios em uma linha de produção, tanto para a economia de recursos como para se ter um mercado competitivo, este trabalho tem como objetivo geral:

- Reduzir os desperdícios em uma linha de produção da carrocerias de um automóvel.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Aprofundando-se no objetivo geral, pode-se desmembrá-lo em três objetivos específicos desse estudo, que são:

- Determinar prioridades de redução de desperdícios na linha de produção;
- Propor medidas para reduzir os desperdícios na linha de produção; e
- Verificar a eficiência das medidas aplicadas através de indicadores.

1.3 JUSTIFICATIVA

Muitos dos processos produtivos quando são implantados em uma indústria automotiva com uma meta de produção pré-estabelecida, a atingir essa meta muitas empresas se satisfazem com o resultado obtido, mas em muitos casos o processo de produção foi implantado e é executado com desperdícios que fazem com que o processo produtivo seja menos eficiente do que poderia ser.

Este trabalho apresenta o caso da produção de carrocerias de uma empresa automotiva com desperdícios em sua implantação, porém que produzia o que foi previamente estabelecido durante sua criação. Através da aplicação de ferramentas do STP foi possível diminuir desperdícios e aumentar a eficiência e a margem de lucro da empresa sobre o produto manufaturado.

Este trabalho, além de estudar a diminuição do tempo das atividades que não agregam valor durante a produção da carroceria, também define os conceitos das ferramentas usadas no STP: Sete desperdícios da produção, análise de causa raiz e problema, *kaizen*, trabalho padronizado, *takt time* e tenta mostrar a eficácia do “Jeito Toyota” de eliminar desperdícios e melhorar a eficiência da produção.

2 REVISÃO TEÓRICA

Neste capítulo se discutirá o referencial teórico e bibliográfico que oferece suporte a este estudo. Neste capítulo serão discutidas as definições, fórmulas, problemas numa linha de produção e técnicas para a solução dos mesmos.

2.1 CONCEITOS SOBRE LINHA DE MONTAGEM

Linhas de montagem são um tipo de processo de produção muito utilizado na produção industrial de grandes quantidades. É um sistema de fluxo orientado e dividido em postos de trabalho, os quais são responsáveis por uma parte no processo de confecção do produto. O produto passa por cada posto de trabalho até sua finalização (BECKER; SCHOLL, 2006).

No que diz respeito às linhas de produção podemos classificá-las de diferentes formas. Becker e Scholl (2006) classificam as linhas de produção em 3 categorias:

- Linha de produção simples: Utilizada em produção de larga escala de um único produto.

Figura 1 – Linha de produção simples



Fonte: Becker e Scholl (2006).

- Linha de produção mista: Utilizada na produção de modelos diferentes de um produto básico, sem a necessidade de *setup* ou com tempo de *setup* muito baixo. (BREGINSKI, 2013)

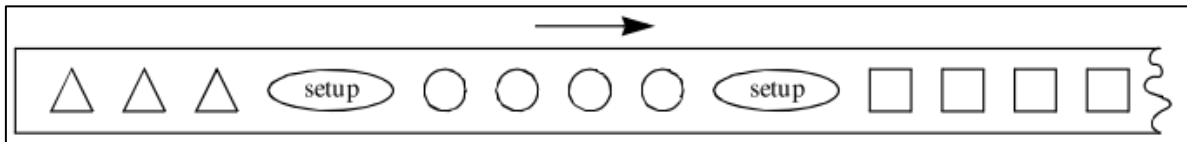
Figura 2 – Linha de produção mista



Fonte: Becker e Scholl (2006).

- Linha de produção multi-modelo: Utilizada na produção de produtos com diferenças significativas no processo de produção e nas especificações de cada modelo. Para maximizar a eficiência da linha e minimizar a perda de tempo entre os *setups* de cada produto, a produção passa a ser feita em lotes. Com isso surge o primeiro problema: o dimensionamento de lote.

Figura 3 – Linha de produção multi-modelo



Fonte: Becker e Scholl (2006).

Além da classificação acima, podemos classificar a linha de produção de mais duas maneiras.

Boysen (2008) classifica a linha de produção conforme a movimentação do produto durante sua confecção. Para esse critério temos as seguintes classificações:

- Linha compassada: Os produtos são puxados por uma correia/esteira com velocidade constante, fazendo assim que os produtos avancem de forma contínua na linha.
- Linha descompassada síncrona: Os produtos avançam na linha de forma intermitente, os produtos só são transferidos para a próxima estação de trabalho quando todos os postos de trabalho tiverem concluído seus processos.
- Linha descompassada assíncrona: Os produtos avançam na linha de forma intermitente e são transferidos para a próxima estação sem a necessidade de esperar que todos os postos daquela estação tenham terminado suas tarefas.

Vito e Fries (1997) classificam as linhas utilizando outros critérios. Nessa classificação temos 5 tipos de linhas descritas a seguir.

- Linha em série: As estações são dispostas em volta de uma esteira/correia que transporta os produtos.
- Linha em U: O início e o fim da linha estão juntos, o que permite que a linha trabalhe em segmentos diferentes (BREGINSKI, 2013).
- Estação paralela: São utilizadas em pontos críticos da produção ou em processos com um tempo de ciclo maior com a intenção de evitar gargalos ou parada na produção. Nesse tipo de linha há um alto investimento já que nos lugares em que

são utilizadas necessitam da instalação do mesmo equipamento e conseqüentemente de um número maior de trabalhadores.

- Linha paralela: Onde duas ou mais linhas de produção trabalham paralelamente. Isso aumenta a flexibilidade da produção em função da demanda e deixa a linha menos suscetível a falhas ou paralização total devido a algum problema na linha. Assim como na estação paralela este tipo de linha demanda um alto investimento.
- Linha de dois lados: Onde há duas linhas em paralelo trabalhando em série simultaneamente, uma do lado esquerdo e outra do lado direito, utilizada na confecção de produtos muito grandes.

2.1.1 Gargalos de Produção

Gargalos de Produção são todos os pontos dentro de um sistema industrial que limitam a capacidade final de produção, ou seja, que limitam a quantidade de produtos disponibilizados ao consumidor final em um determinado intervalo de tempo, quantidade esta que poderia ser maior se fossem plenamente utilizados os recursos e a estrutura disponíveis (MAROUELI, 2008). Exemplificando esse conceito, imagina-se uma fábrica de cadeados que produz 1000 cadeados por dia, porém o setor de embalagem consiga embalar 800 cadeados por dia nesse cenário o setor de embalagem é um gargalo, já que a empresa não estará produzindo em sua capacidade máxima e se a mesma mantiver o nível 1000 cadeados produzidos por dia a empresa terá que estocar produtos, o que gera gastos adicionais para a fábrica.

Para que ocorra uma sincronização no sistema de produção é necessário que todos os setores da empresa estejam em sintonia. Portanto, se o setor de manufatura possuir capacidade para produzir determinada quantidade de um produto em um intervalo de tempo o setor de embalagem deve possuir as mesmas características, estando sempre em sincronia. Se ocorrer qualquer problema, desde o processamento de informações até a tecnologia das máquinas, ocorrerá um gargalo, ou seja, a capacidade de produção será alterada (BARRATELLA, 2013).

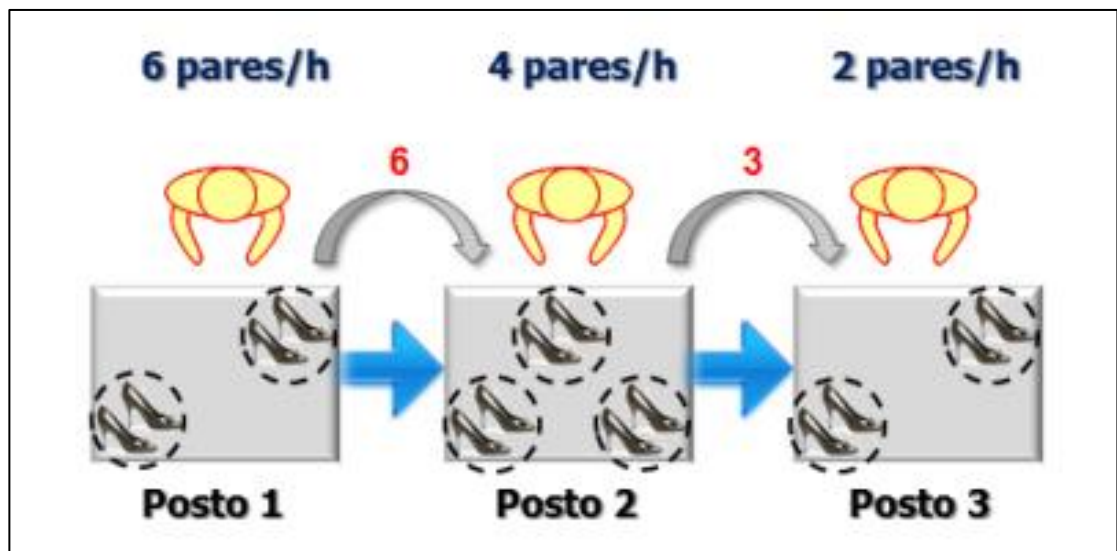
Deve-se atentar que o maior nível de ociosidade ocorrerá quando o gargalo se encontrar no início da linha, pois as atividades seguintes estarão comprometidas. Porém quanto mais perto do final da linha de produção, ou seja, perto das saídas do processo mais prejudicial o gargalo será. Isto porque, avançando dentro do sistema

produtivo, teremos também a agregação dos custos variáveis, ou seja, aqueles que só existem com a produção. Neste caso, o produto foi fabricado, houve gasto de matéria prima, adição de mão-de-obra e outros recursos, mas, devido ao gargalo na saída, não houve geração de receita com a venda (SASSI, 2012).

Para o Sassi (2012), o setor de vendas deve ser levado em consideração para a identificação dos gargalos, devido ao fato de que nada adiantaria uma linha ter a capacidade de produzir 1000 produtos por dia e o setor de vendas não conseguir vendê-las. Nesses casos a linha funcionará abaixo da capacidade e a ociosidade será inevitável.

De acordo com a Figura 4, o posto de trabalho 1 leva uma hora para processar 6 pares de calçados. O posto número 2 processa 4 pares e o último posto processa apenas 2 pares na mesma hora. Facilmente identifica-se o posto 3 como o gargalo da produção, pois é ele que “estrangula” a produção e limita sua capacidade.

Figura 4 – Identificação do gargalo em uma linha de produção



Fonte: Sassi (2012).

2.1.2 Tempo de Ciclo

Outro conceito importante em linhas de produção é o de tempo de ciclo (c). Tempo de ciclo é o tempo para se realizar cada processo em um posto de trabalho, ou seja, é a frequência que com uma peça deve sair da linha, ou o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas (GAITHER *et al*, 2002).

Alvarez *et al* (2001) define o tempo de ciclo como a quantidade de tempo necessário para um operador completar um ciclo do trabalho do processo, não incluindo o tempo de espera. Além disso o autor interpreta o tempo de ciclo como uma função de dois fatores:

- Tempos unitários de processamento em cada máquina/posto (tempo-padrão); e
- Número de trabalhadores na célula/linha.

A relação entre tempo de ciclo e postos de trabalho deve ser inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o tempo de ciclo menor deve ser o número de postos de trabalho.

Em situações em que os tempos de operação das máquinas ou postos de trabalho forem diferentes, o tempo de ciclo não é a somatória dos tempos de forma individual, mas será o tempo no posto de trabalho ou operação da máquina mais lenta, ou seja, onde o tempo de da operação for maior (CANTIDIO, 2009).

O tempo de ciclo é determinado pelos gargalos existentes na linha. O tempo da linha será limitado pela capacidade (tempo de ciclo) ou pela demanda (*takt time*) (CANTIDIO, 2009).

2.1.3 *Takt Time*

O *takt time* é definido como o número usado como referência para sincronizar a taxa de produção ao ritmo de vendas. O tempo disponível e a demanda devem estar no mesmo horizonte de tempo (QUITÉRIO, 2010). O cálculo do *takt time* é dado por:

$$takt\ time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{demanda do cliente por turno}} \quad (1)$$

Sabemos que um ritmo de produção mais rápido gera estoque, enquanto que um ritmo mais lento cria a necessidade de aceleração do processo que gera perdas. O *takt time* é usado para sincronizar o ritmo de produção com o ritmo de vendas, por isso deve-se atuar na mesma velocidade de vendas e quanto mais se reduzir perdas, mais se produz com menos recursos (ROTHER, 1999).

O objetivo do *takt time* é alinhar com precisão a produção à demanda, definindo um ritmo ao processo, sendo um dos principais indicadores para a aplicação

dos conceitos do STP, sendo a batida do coração de um sistema. Para a empresa produzir de acordo com o *takt time* ela deve:

- Fornecer respostas rápidas para os problemas apontados;
- Eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas;
- Eliminar tempos de troca em processos posteriores (troca rápida de ferramentas);
- O material deve estar à disposição na hora, em quantidades e local desejado (*kanban*) e deve apresentar qualidade assegurada.

Desta forma, pode-se produzir lotes menores e aumentar a flexibilidade na manufatura (ROTHER, 1999).

2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA

O Sistema Toyota de Produção (STP) foi criado após a Segunda Guerra Mundial no Japão, na fábrica de automóveis Toyota, por seu fundador, Toyoda Kiichiro, que estabeleceu uma meta na qual os japoneses deveriam alcançar os Estados Unidos em 3 anos após o fim da guerra. A indústria japonesa tinha uma produtividade muito baixa e sofria com falta de recursos, o que impedia a produção em massa. Contudo, sua origem remonta a 40 anos antes, com o surgimento das primeiras indústrias automobilísticas (WOMACK; ROOS; CARPENTER, 1998).

Para alcançar essa meta, desperdícios de qualquer tipo deveriam ser eliminados, seja esse desperdício de tempo, material, energia, etc. Nascia assim o Sistema Toyota de Produção, que é diferente do sistema desenvolvido por Henry Ford e Frederick Taylor que produz lotes de larga escala de um único tipo de veículo, especializando setores da fábrica, o sistema japonês produz pequenos lotes de vários modelos, focando em reduzir desperdícios e cortar custos.

Nesta época era dito que a razão entre trabalhadores alemães e americanos era de um para três e que alemães produziam três vezes mais que os japoneses, logo, um trabalhador americano executava sozinho o trabalho de nove japoneses. Para alcançar a meta os desperdícios realizados pelos japoneses deveriam ser reduzidos a zero (OHNO, 1988).

Para Moden (1984) o Sistema Toyota nasceu como um meio de racionalizar a fabricação de produtos eliminando elementos desnecessários na produção. Corrêa (2012) diz que o esse sistema nasceu da necessidade de coordenar e administrar a produção de acordo com a demanda específica.

A base do STP é a total eliminação de desperdícios usando ferramentas para alcançar o objetivo de produzir pequenos lotes em um processo flexível, sendo o *just in time* uma dessas ferramentas (OHNO,1988).

Atualmente, o STP representa não somente ferramentas, métodos e técnicas, mas também uma forma de fazer negócios. Os princípios que constituem o Jeito Toyota estão relacionados com uma filosofia de negócio de longo prazo e continuidade (NARUO; TOMA, 2007).

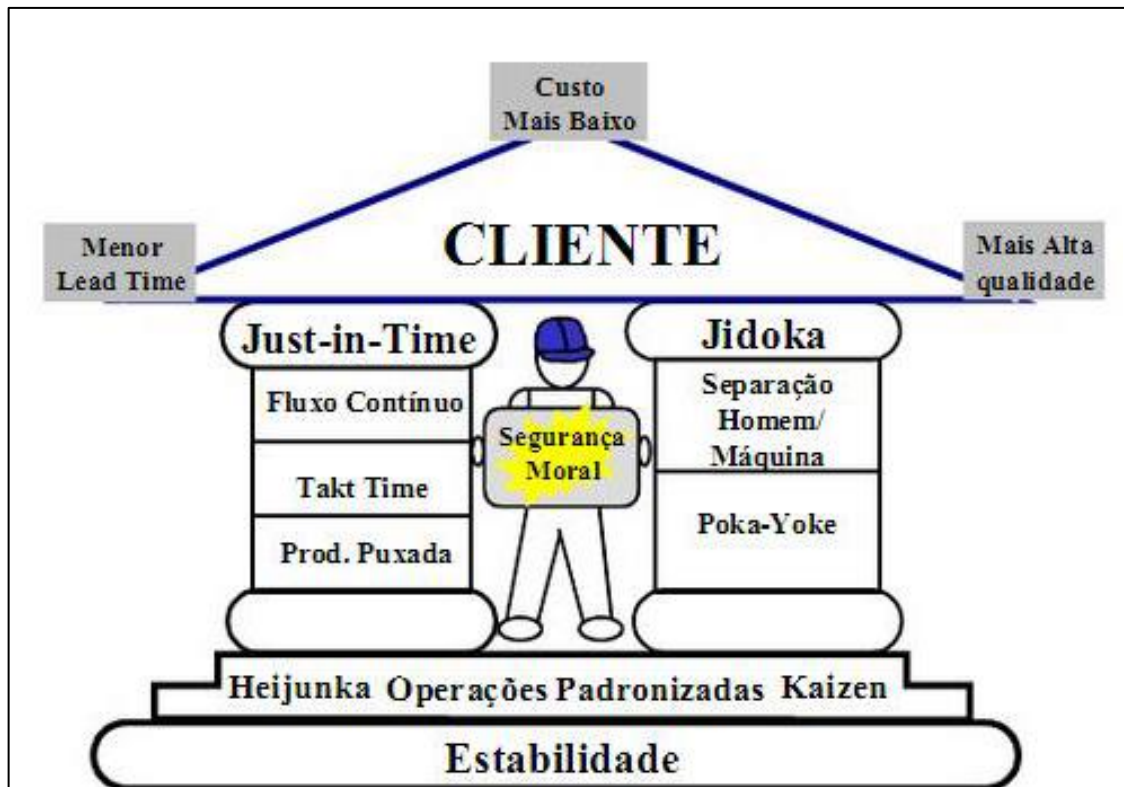
Esta filosofia corporativa de gestão está composta por ferramentas que visam eliminação dos desperdícios, redução de custos, melhoria do fluxo de valor e do desempenho da organização para aumentar a sua competitividade. Segundo Womack, Roos e Carpenter (1990), *Lean Manufacturing* significa fazer mais com menos. A aplicação dos princípios do método funciona como um mecanismo de melhoria cada vez mais procurado pelas organizações, visando à transformação do espaço de trabalho e o desenvolvimento dos funcionários (FARRIS *et al*, 2009).

Com o *Lean Manufacturing* é possível especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar as atividades sem interrupções e realizá-las de forma cada vez mais eficaz (WOMACK; JONES, 2004).

Para compreender esse modo de produção, é necessário entender o que é processo e operação. Processo é a transformação da matéria-prima em produto acabado. Operação são as ações executadas por trabalhadores e máquinas (SHINGO, 1996). *Lead time* é uma expressão utilizada para indicar o período do início ao fim das atividades de produção. Frequentemente quando é feito um pedido, a velocidade de resposta aos clientes é baixa. Para que haja o maior sincronismo entre o lead time e os prazos de entrega algumas empresas utilizam-se de estoques. Esta prática não é recomendada, pois além de não agregar valor aos produtos, estoques encobrem problemas de qualidade e retardam a sua identificação e correção (LIMA, 2003). Conhecendo esses termos fica mais fácil o estudo das operações que envolvem um processo produtivo (RICCI, 2013).

Há inúmeras maneiras de se representar o STP. A Figura 5 elaborada por Ghinato (2008) mostra os dois pilares do Sistema Toyota, sendo um pilar o *just in time* e o outro o *jidoka* (autonomação) e sua base feita de outros componentes importantes como o *kaizen*.

Figura 5 – Representação do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Ghinato (2008).

Com essa visão geral podemos dizer que o sistema consiste no melhor atendimento do cliente, em fornecer produtos de alta qualidade ao menor custo e *lead time* possível. (RICCI, 2013).

O *Jidoka*, um dos pilares do Sistema Toyota, consiste em oferecer ao operador ou a máquina a autonomia de parar o processo quando ocorrer algo anormal durante a produção. (GHINATO, 2008). Por isso usa-se o *poka-yoke* na detecção de defeitos na execução das operações. O conceito de *poka yoke* é definido nas seções 2.2.3 e 2.2.4.

Os pilares *jidoka* e *just in time* são sustentados pela *heijunka* (nivelamento da produção), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua).

A padronização busca encontrar e eliminar as perdas para obter a máxima produtividade. Devido a isso é necessário ter uma programação nivelada, aqui entra o *heijunka* que nivela a quantidade e tipo de produtos, garantindo o fluxo da produção mesmo produzindo diversos produtos. *kaizen* é a melhoria contínua de uma atividade focando na eliminação de desperdícios agregando valor ao produto com pouco investimento (RICCI, 2013).

E por fim, toda a base do STP é a estabilidade que é o controle e supervisão de um ambiente para que o mesmo produza itens sem defeito, na quantidade (demanda) e no tempo certos.

O STP pode ser substituído por outras expressões que definem de forma menos complexa o que é esse sistema. Algumas dessas expressões são (CORRÊA, 2012):

- Eliminação de desperdícios;
- Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*);
- Manufatura de fluxo contínuo;
- Produção sem estoque; e
- Esforço contínuo na resolução de problemas.

2.2.1 Just in Time

Just in time significa ter todos os elementos necessários para a produção de um produto abastecidos nas linhas ou células de produção somente quando necessário e na quantidade necessária (FREIRE, 2012). Uma empresa que consiga efetivamente aplicar o *just in time* conseguirá diminuir seu estoque de componentes e matéria-prima. Visto que para a produção de um automóvel são utilizados centenas de componentes, é extremamente complicado aplicar essa ferramenta de maneira ordenada, pois se o componente for reabastecido com defeito, se houver erro na identificação, se houver necessidade de retrabalho no componente ou se houver falha em alguma máquina a linha de produção irá parar. Porém se usar um grande estoque desses componentes os problemas na produção são escondidos e não são solucionados.

Para resolver esse problema a Toyota resolveu pensar de maneira invertida. No fluxo normal a matéria-prima é transformada em componentes que serão montados e fornecidos às linhas de produção dos veículos onde o mesmo receberá a montagem final. Nessa ordem a matéria prima entra e avança pelos processos numa sequência final para os processos finais, ou seja, o sistema de produção empurrado (OHNO, 1988). O *just in time* ocorre de forma diferente, nele a operação final, vai até a operação anterior buscar as peças necessárias na quantidade necessária, quando necessários, sendo assim a operação anterior deve produzir somente as peças

necessárias de forma que não haja estoque ou falta de peças. Para que isso ocorra a comunicação entre as áreas deve ser feita de forma precisa e coordenada (GLORIA, 2012).

O pensamento da Toyota foi inverter a ordem do sistema de produção empurrado. A ordem de produção vai para o final da linha indicando a quantidade e modelos a serem montados, o final da linha solicita para a operação anterior a quantidade e quais componentes são necessários, e esta por sua vez, solicitará matéria-prima para a confecção desses componentes para a operação anterior e assim sucessivamente, "puxando" a produção a partir da demanda. Segundo Moura (1989) uma das ferramentas que contribui para um melhor funcionamento do sistema *just in time* é o *kanban*. Este nome é dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens, ao longo do processo produtivo. As vantagens de se usar o *just in time* são:

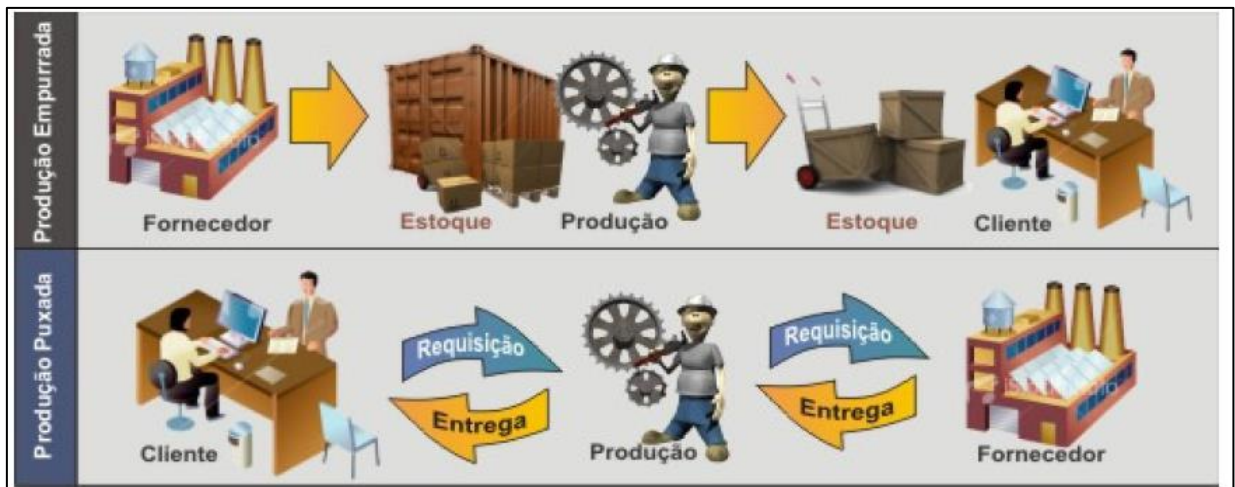
- Reduzir desperdícios;
- Reduzir custo de estoque;
- Menor circulação de produtos e matéria-prima pela fábrica.

As desvantagens são:

- Como existem poucos produtos em estoque a empresa não consegue fazer uma grande entrega imediata; e
- Se o fornecedor atrasar a entrega, a fábrica pode ficar parada por um tempo devido a não haver matéria-prima no estoque.

A Figura 6 ilustra a diferença entre a produção puxada e produção empurrada. Na Figura 6 é possível ver que a requisição do produto, na produção puxada, é feita primeiro para então ser produzida pelas linhas de produção. Diferente da empurrada em que se fabrica sem uma requisição prévia do cliente pelo produto.

Figura 6 – Produção Empurrada x Produção Puxada



Fonte: Freire (2011)

2.2.2 Jidoka

Como dito anteriormente *jidoka* é dar à máquina ou ao operador a autonomia de parar o processo quando algo anormal acontecer. Isso é necessário devido ao fato de muitas máquinas produzirem automaticamente ao serem ligadas, porém se algo interferir no processo ou a máquina tiver seu funcionamento comprometido, resultará em uma alta quantidade de peças defeituosas que irá atingir diretamente o fornecimento destas no *just in time* da próxima operação (OHNO, 1988).

Logo a autonomia é a capacidade de poder parar a produção assim que a máquina ou operador detectar um problema ou defeito impedindo que peças defeituosas sejam fabricadas eliminando assim desperdícios.

2.2.3 Poka Yoke de Processos

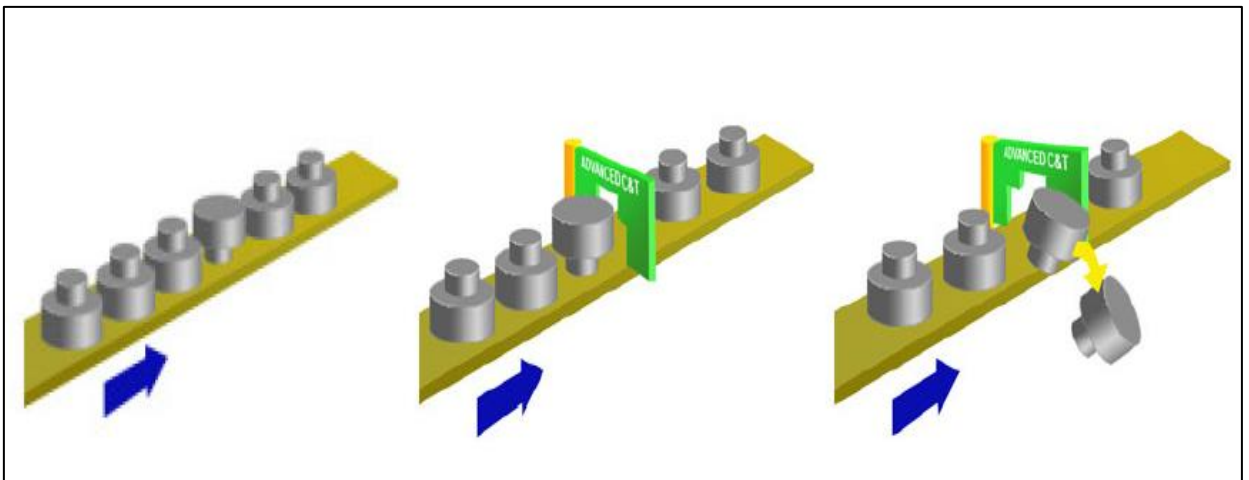
Poka yoke é uma ferramenta do Sistema Toyota que consiste de dispositivos criados com o propósito de impedir falhas ou/e que peças defeituosas sejam montadas e encaminhadas para o processo seguinte. Essa ferramenta pode ser classificada em *poka yoke* de processos e de produto (SHIMBUN, 1987).

Os dois tipos de *poka yoke* possuem a mesma finalidade, porém a diferença entre eles é que a de processos consiste na instalação de algum dispositivo mecânico ou eletrônico na máquina para impedir a produção de peças com defeitos. Já o *poka yoke* de produto é um dispositivo incorporado ao produto durante sua idealização ou

projeto para que o mesmo não seja montado de forma errada. Para aplicar essa ferramenta é necessário que saiba exatamente o defeito do produto, do serviço ou da execução onde o mesmo foi encontrado e entender o que ocasionou tal defeito.

Um exemplo de *poka yoke* de processos pode ser uma esteira de transporte para a alimentação para uma máquina, se a peça for colocada de forma errada na esteira pode ocasionar um sério dano à máquina, a solução para esse problema pode ser a instalação de uma barreira vazada, no qual se a peça estiver na posição incorreta a mesma será retirada da esteira. Uma ilustração desse exemplo pode ser vista na Figura 7 (ADVANCED CONSULTING AND TRAINING, 2011).

Figura 7 – Poka yoke de processos

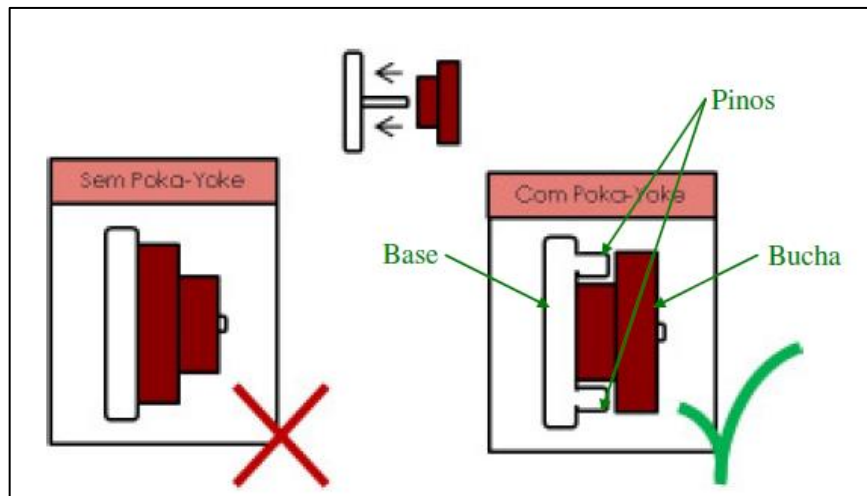


Fonte: Advanced Consulting and Training (2011)

2.2.4 Poka Yoke de Produtos

O *poka yoke* em produtos é a criação de dispositivos e componentes que evitem qualquer tipo de defeito durante sua produção. Durante o desenvolvimento do produto deve ser inserido o maior número de *poka yoke* possível, impedindo assim que seja manufaturado produtos defeituosos. Um exemplo de *poka yoke* de produto fornecido pela empresa *4lean* é a inclusão de pinos numa base para impedir que a bucha seja montada de forma invertida. Uma ilustração desse exemplo pode ser vista na Figura 8 (4LEAN, 2011).

Figura 8 – Poka yoke de produto



Fonte: 4lean (2011)

A implantação de *poka yoke* pode trazer muitos benefícios para a empresa, como, por exemplo:

- Garantia de montagem correta dos componentes;
- Prevenção de falha humana;
- Melhor garantia; e
- Melhor qualidade do produto.

Para se implantar essa ferramenta a empresa deve ter em mente que ela não receberá e não fará defeitos. Os *poka yoke* devem ser criados utilizando criatividade, ter, sempre que possível, baixo custo e estar sempre em funcionamento (OHNO, 1988).

2.2.5 Atividades que Agregam e Não Agregam Valor

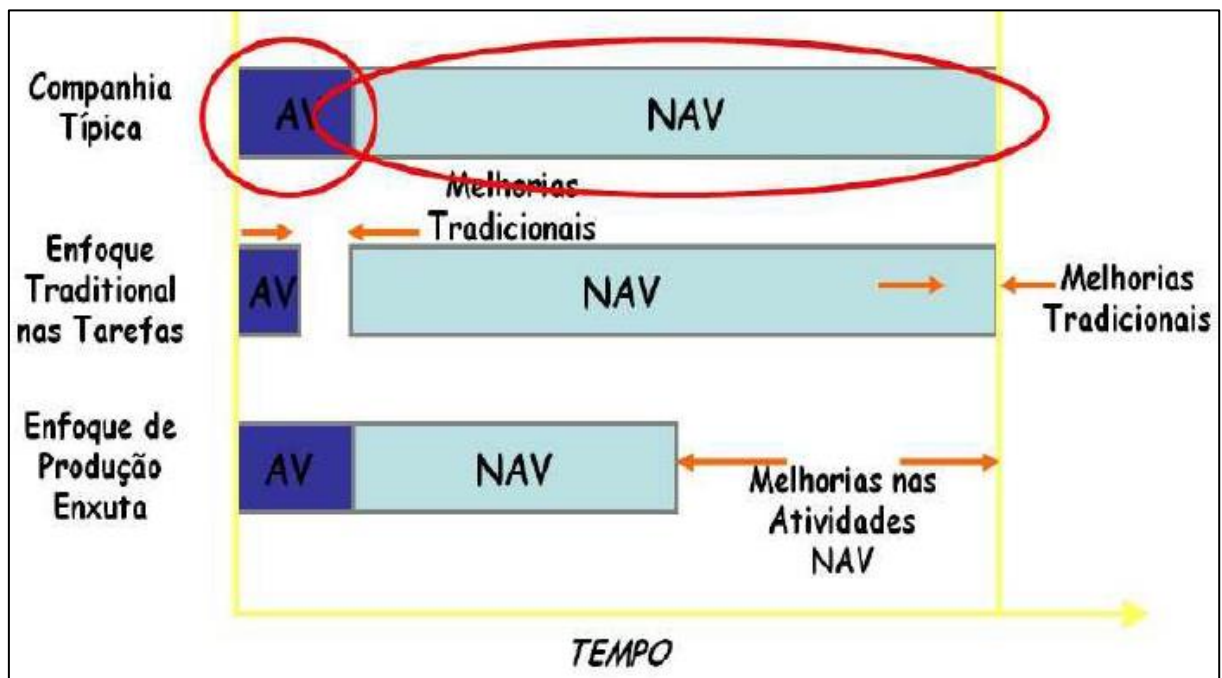
Como já visto o STP visa a redução ou eliminação de desperdício, mas o que é desperdício? Desperdício é toda atividade que consome recursos, seja tempo, matéria-prima, energia e não cria valor para o cliente final. Em qualquer sistema produtivo existem três tipos de atividade: atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor e as atividades que não agregam valor, porém são necessárias para o processo (QUITERIO, 2010). Explicando melhor cada uma dessas atividades, temos que:

- Atividades que agregam valor (AV): atividades que, do ponto de vista do cliente, criam algum valor para o produto, ou seja, o deixa mais valioso;

- Atividades que não agregam valor (NAV): são atividades que, do ponto de vista do cliente, não criam nenhum valor ou atrativo para o produto, o STP foca na eliminação desse tipo de atividade; e
- Atividades que não agregam valor, mas são necessárias: são as atividades, que do ponto de vista do cliente, não cria nenhum valor ao produto, porém são indispensáveis para o processo produtivo. A eliminação desse tipo de atividade só é possível através de uma mudança radical do meio de produção (WORMACK, JONES, 1996).

Na Figura 9 é possível observar a distribuição das atividades que agregam e não agregam valor em função do tempo para se produzir o produto.

Figura 9 – Distribuição de AV e NAV ao longo do tempo



Fonte: Araújo (2004)

Na Figura 9 a distribuição de atividades que agregam e não agregam valor são distribuídas no tempo total para a produção do produto da seguinte maneira: 5% do tempo para atividades que agregam valor, 35% para atividades que não agregam valor, mas são necessárias e 60% para atividades que não agregam valor (QUITÉRIO, 2009). Como notado na Figura 9 acima uma pequena porção do *lead time* do produto são atividades que agregam valor. No enfoque tradicional, tenta-se diminuir o tempo de atividades que agregam valor através, por exemplo, de investimento em

maquinários e tecnologias do processo. Na produção enxuta o objetivo é diminuir o tempo de atividades que não agregam valor, como por exemplo, troca de ferramentas, espera, movimentação de matéria-prima, já que essas atividades são grande parte do *lead time* do produto. Pela Figura 9 é possível notar também que o enfoque tradicional pouco altera o *lead time* do produto (ARAUJO, 2004).

2.2.6 Os Sete Desperdícios da Produção

Segundo Maximiano evitar desperdícios e buscar por uma maior eficiência em qualquer processo ou atividade é um hábito de muitas culturas antigas, o próprio Japão fazia isso antes mesmo da segunda guerra mundial (MAXIMIANO, 2008).

Atualmente as empresas buscam diminuir seus custos e aumentar a sua eficiência e eliminar os desperdícios é uma maneira bem efetiva de se alcançar esse objetivo. Nesse ponto o Sistema Toyota de Produção permite que as perdas sejam localizadas e quantificadas, fazendo-a uma ferramenta da gestão empresarial (BORNIA, 1988). Em todo processo de produção é encontrado algum tipo de desperdício, o Sistema Toyota de Produção vem nesse ponto para eliminar toda atividade que gere perda por isso deve se analisar cuidadosamente todas as partes do processo (GHINATO, 2000).

Shingo (1996) identifica sete desperdícios (perdas) no sistema de produção puxada, são eles:

- Superprodução (excesso de produção);
- Espera;
- Transporte;
- Processamento;
- Estoque;
- Desperdício nos movimentos; e
- Desperdício por fabricação defeituosa

Alguns estudiosos, como Petenate (2016) afirmam que atualmente há oito desperdícios na produção, os sete listados acima mais o desperdício por subutilização do capital intelectual, que é a não utilização do total conhecimento de quem está no processo, a perda de criatividade, ou alguém executando uma tarefa aquém de suas

habilidades. Porém nesse trabalho não abordaremos esse último tipo de desperdício (OHNO, 1997).

2.2.6.1 Desperdício por Superprodução

Desde a antiguidade, os humanos têm a cultura de criar estoques, seja de comida, de material, etc. Muitos especialistas dizem que essa cultura foi criada como uma preparação para tempos de escassez.

A superprodução parte do mesmo princípio, ou seja, a criação de estoques. O estoque pode ser criado por duas razões diferentes, por quantidade, onde a produção é maior que a demanda ou maior que a quantidade programada para ser produzido. Além desse motivo, o estoque pode ser criado por antecipação, no qual os produtos são produzidos antes do tempo necessário e ficarão em estoque até o momento de venda ou o momento em que serão utilizados em outro processo (DIEDRICH, 2002).

Esse tipo de desperdício é o mais sentido pelo STP e considerado por muitos o pior dos sete, pois é difícil eliminá-lo e a sua existência encobre outros tipos de desperdícios (ALMEIDA, 2010).

2.2.6.2 Desperdício por Espera

O desperdício por espera ocorre quando existe um intervalo de tempo em que nenhum processo, transporte ou inspeção é executada tanto por operador como por alguma máquina. Podemos classificá-lo em três subtipos:

- Perda por espera no processo: quando um lote aguarda que o processo, atividade ou transporte no lote anterior seja finalizado para que este seja iniciado no lote em espera;
- Perda por espera no lote: É quando uma peça do lote só pode seguir para o próximo processo quando as outras peças do mesmo lote tiverem sido finalizadas. Um exemplo prático para esse problema é a linha de montagem de lanternas de carros. Imagine que um lote possua 500 peças e que cada lanterna leve 1 minuto para ser fabricada, nesse caso a primeira lanterna ficará parada por 499 minutos desnecessariamente para seguir para o próximo processo; e
- Perda por espera do operador: quando o funcionário é forçado a ficar junto à máquina para monitorá-la, para acompanhar o processo devido ao

desbalanceamento das operações. Nesses casos é gerada uma ociosidade do operador (DIEDRICH, 2002).

Perdas por espera no geral é o tipo de perda mais tolerável entre os 7 desperdícios da produção pois normalmente existe um conflito na escolha (“*trade-off*”) de funcionário e máquina. *Trade off* é quando se resolve um problema, em que essa resolução gerará outro problema. Nesse caso o gestor deve fazer uma análise para escolher a que menos irá trazer prejuízos para a empresa (GHINATO, 1996).

2.2.6.3 Desperdício por Transporte

É o excesso de transporte de matéria-prima, de componentes para a produção ou do produto através da fábrica. Essa movimentação em excesso pode sobrecarregar a produção, além de ser uma atividade que não agrega nenhum valor ao produto. Esse tipo de desperdício deve ser umas das prioridades na lista de redução de custos, pois no geral 45% do custo na produção vem do transporte do material (SHINGO, 1996).

As perdas por transporte podem ser reduzidas por alteração no *layout*. O *layout* deve primeiro ser voltado para o processo produtivo para só então ser voltada para a melhoria de processos. Levando isso em consideração um estudo do *layout* é importante para determinar o fluxo do processo produtivo (DIEDRICH, 2002).

2.2.6.4 Desperdício por Processamento

É quando existem atividades de processamento da matéria-prima em produto que são desnecessárias e que se fossem eliminadas não mudaria as características e qualidade do produto. Para Bornia (1988) esse tipo de desperdício deve ser eliminado completamente e sua avaliação pode ser feita através de análises de valor do produto e do processo.

A utilização desse tipo de análise é extremamente recomendada para determinar a função do produto e seus processos de fabricação e com esses dados é possível melhorar o processamento (SHINGO, 1996).

2.2.6.5 Desperdício por Estoque

É a perda por estoque de matéria-prima, material em processamento ou produto acabado pois manter esses itens estocados gera um custo de armazenamento, custos com a manutenção e custos por o produto se tornar obsoleto (BORNIA, 1988).

Porém no mundo ocidental há uma “vantagem” nesse tipo de perda pois estoques ajudam a aliviar problemas de sincronia entre os processos produtivos (GHINATO, 1996).

Ao utilizar o STP para diminuir gradativamente os estoques, outros tipos de perdas podem ser encontrados como, por exemplo, a ineficiência dos processos, e assim eliminadas.

2.2.6.6 Desperdício nos Movimentos

São as perdas por movimentos em excesso realizados pelos operadores ao executar uma tarefa. Um estudo sobre os movimentos e seus tempos de execução é necessário para a eliminação desse tipo de perda, que pode reduzir os tempos de operação, em geral, em até 20%. Após os desperdícios por movimento dos operadores serem eliminados, a melhora na movimentação dos processos pode ser obtida pela automatização dos mesmos (DIEDRICH, 2002).

2.2.6.7 Desperdício Por Fabricação Defeituosa

É a perda pela fabricação de produtos ou componentes que não atendam os requisitos de qualidade ou do padrão especificado. O fluxo de produtos defeituosos pelas linhas de produção pode gerar outras perdas, como por exemplo, perdas por espera, transporte e estoque.

No STP esse tipo de perda pode ser eliminado pela aplicação de métodos de controle na raiz do defeito e/ou pela inspeção durante o processo (DIEDRICH, 2002).

2.3 FERRAMENTAS DE MELHORIA

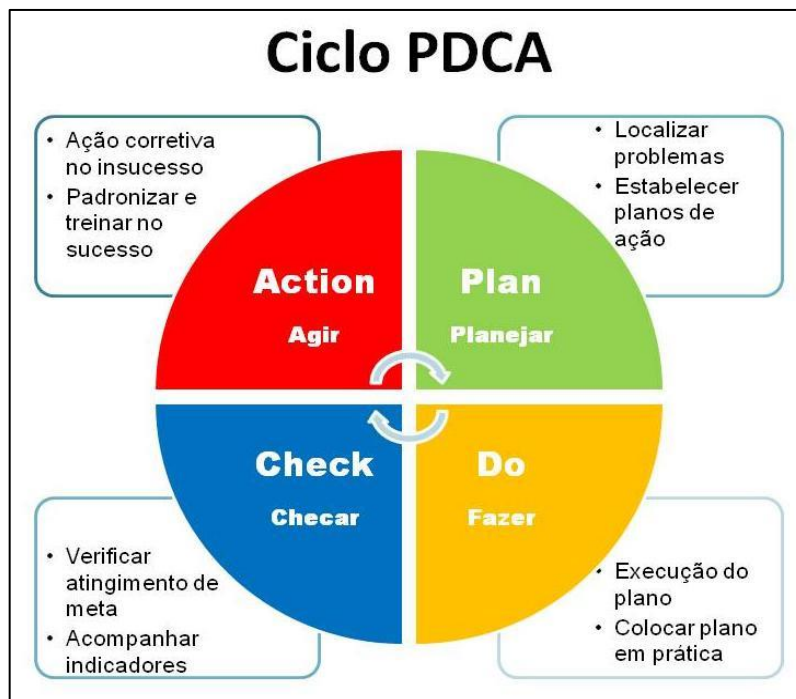
Nas seções a seguir será descrito conceitos e ferramentas que são utilizadas no STP.

2.3.1 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta desenvolvida pelo os japoneses para auxiliar na aplicação do PDCA, principalmente em sua fase de planejamento.

PDCA é, resumidamente, uma ferramenta utilizada de forma contínua na melhoria de um processo buscando que o mesmo seja mais rápido, eficiente e claro possível. O PDCA pode, e geralmente, é aplicado mais de uma vez no mesmo processo e por isso essa ferramenta é tida como um ciclo. As siglas PDCA vêm do inglês *Plan - Do - Check - Act* no português Planejar - Fazer - Checar - Agir. Essas siglas representam os 4 passos do PDCA como é ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Ciclo PDCA



Fonte: Periard (2011)

“Planejar” é a etapa onde é estabelecido o objetivo da aplicação da ferramenta, nessa etapa também são definidas as metas (resultados que se pretendem alcançar) e os procedimentos para atingir as metas. Nessa etapa é onde, em geral, se usa o 5W2H (VIEIRA, 1999).

“Fazer” é a etapa onde se aplica os procedimentos planejados na etapa anterior, nessa etapa deve se coletar dados para análise nos próximos passos do PDCA, por isso deve ser feita com muita atenção por conta da coleta dos dados e pela causa raiz do problema ter sido diagnosticada erroneamente (VIEIRA, 1999).

“Checar” é o passo onde se avalia o resultado obtido e o compara com o resultado esperado e caso haja divergência nos resultados, se procura o motivo para as mesmas e se traça um novo plano para atacar as causas-raiz das divergências (VIEIRA, 1999).

E por último “Agir” é o passo onde se aplica as correções avaliadas no passo anterior. Nessa etapa se necessário o gestor deve traçar novos planos para melhorar o processo buscando sempre a máxima correção de falhas e desperdícios. Ao encerrar o ciclo do PDCA pode-se aplica-lo novamente no mesmo processo, já que essa ferramenta é uma ferramenta para melhoria contínua dos processos (VIEIRA, 1999).

Para Polacinski (2012) o 5W2H foi desenvolvido para ser um plano de ação para atividades pré-estabelecidas e devem ser desenvolvidos com a maior clareza possível e funcionar como um mapeamento dessas atividades, fazendo dessa uma ferramenta de planejamento.

Segundo o autor o objetivo principal do 5W2H é responder a 7 perguntas e organizá-las. Por sua simplicidade, objetividade e orientação à ação é utilizada amplamente em diversos tipos de gestão, por exemplo, gestão de projetos, planejamentos estratégicos e planos de negócio. Além disso essa ferramenta permite identificar as rotinas mais importantes de um projeto ou de um processo, também permite identificar cada pessoa dentro da organização, suas tarefas e as razões para que ela execute as mesmas (SEBRAE, 2008).

As sete perguntas que compõem o 5W2H são:

- *What?* (O quê?): diz respeito a que ação/plano será executado, qual o assunto a ser estudado, o que será medido, o que é necessário para o início da tarefa, quais os insumos necessários;
- *Who?* (Quem?): Quem irá realizar a ação/plano, quem irá participar da ação. Pode se referenciar também a que equipe será responsável pela a ação, de quem a tarefa depende para ser executada ou quem conduz o processo;
- *Where?* (Onde?): Em que local será executado a ação/plano, local onde o processo ocorre ou onde será feita as reuniões da equipe;

- *When?* (Quando?): Quando a ação/plano será executada, quando se iniciará e quando terminará a ação e quando serão as reuniões de equipe;
- *Why?* (Por quê?): trata-se da razão para se executar a ação/plano, por que essa ação será executada, por que ela é necessária e por que tais pessoas foram escolhidas para executar a ação;
- *How?* (Como?): trata-se de como será executada a ação/plano, como conduzir a ação, de que maneira fazer, como acompanhar o desenvolvimento da ação;
- *How much?* (Quanto custa?): diz a respeito aos custos para se executar a ação/plano, quanto custa a operação atual, qual a relação custo/benefício ao se implantar a ação/plano.

Respondendo a essas sete perguntas é possível direcionar as atividades, planejá-las, determinar quem irá executá-las e quem serão os responsáveis pelas mesmas. Além disso essa ferramenta pode ser utilizada para a análise e para adquirir conhecimento sobre um determinado processo, sobre os problemas do processo e como resolvê-los. Além do mais, o 5W2H pode ser usado de três maneiras diferentes, descritas a seguir

- Diagnóstico: tem o objetivo de encontrar problemas, defeitos e falhas no processo, buscando a raiz do problema de forma rápida;
- Plano de ação: tem o objetivo de ajudar no desenvolvimento de um plano para eliminar o problema; e
- Padronização: auxilia na padronização de procedimentos que deverão ser seguidos (SEBRAE, 2008).

A planilha 5W2H por sua praticidade e efetividade é extremamente útil para empresas de qualquer tamanho e pode ser aplicado em qualquer área da mesma, seja no setor administrativo ou no processo de produção. Com essa ferramenta é possível agilizar todos os processos de uma empresa e no competitivo mercado atual a falta de planejamento em qualquer ação ou processo pode trazer inúmeros prejuízos para a empresa, sendo assim o 5W2H é uma maneira simples de organizar e planejar ações (GROSELLI, 2014).

2.3.2 Kaizen

Melhoria contínua é uma filosofia que tem origem japonesa e vem da palavra *kai* (Mudar) e da palavra *zen* (Contínua), traduzindo, melhoria contínua. Masaaki Imai (1990) descreve o *kaizen* como uma filosofia focada no melhoramento da vida pessoal, social, doméstica e profissional. Quando aplicado no trabalho são ações de melhoramento contínuo que envolvem gestores e trabalhadores.

A filosofia do *kaizen* é simples e diz que o nosso modo de vida deve ser constantemente melhorado. Essa metodologia foi desenvolvida por Taichi Ohno e ficou mundialmente reconhecida após ter sido aplicada na Toyota Motor Company. Para Lubben (1989), melhoria contínua consiste na melhora constante do processo de produção e do produto.

O *kaizen* pode ser aplicado em qualquer processo onde exista um padrão nas tarefas executadas. Para a TBM Consulting (2000) essa ferramenta foca em 3 estratégias fundamentais:

- **Qualidade:** Para alcançar a qualidade do processo, é necessário minimizar o tempo entre a incidência, descoberta e a ação corretiva de um erro. Focando sempre na eliminação das causas principais do problema e não somente na correção;
- **Custo:** A empresa deve atentar para redução dos prazos de entrega, no qual refletirá diminuição dos custos de manipulação, de estoques e dos produtos finais;
- **Entrega pontual:** Resulta em prazo de entrega reduzido, redução de estoques de produtos e confiabilidade em relação à empresa.

A metodologia *kaizen* requer mudança na atitude de todos da organização, buscando sempre a identificação de desperdícios no trabalho e com o apoio dos seus supervisores para eliminá-los (IMAI, 1990).

Resumidamente, o *kaizen* significa a busca de melhoramento contínuo em todos os sentidos, produzindo aumento da qualidade e da produtividade com o mínimo de investimento.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho para que os objetivos propostos no Capítulo 1 fossem atingidos. Utilizando os modelos teóricos apresentados no segundo capítulo, junto a uma abordagem sobre o funcionamento da empresa, serão propostas atividades que elevem a competitividade da mesma.

3.1 METODOLOGIA

A metodologia realizada nessa pesquisa em relação à abordagem é a Qualitativa-Quantitativa. Para a análise foram colhidos os dados no terreno, através da mensuração de dados, o que caracteriza uma abordagem quantitativa. Porém para definição das ações também foram consultados os operadores e suas opiniões, o que caracteriza a abordagem qualitativa.

Em relação ao objetivo da pesquisa, a pesquisa é caracterizada como descritiva. Os conceitos e conhecimento já estão bastante desenvolvidos e a análise ocorrerá baseada em um problema encontrado na empresa, o qual será acompanhado os dados e propostas de melhoria.

Quanto à natureza da pesquisa, esta é caracterizada como pesquisa aplicada, pois está focada em resolver problemas específicos encontrados no ambiente fabril.

A metodologia quanto ao procedimento técnico é um Estudo de Caso, pois estudou os desperdícios dentro da empresa e coletou dados detalhados das atividades e desperdícios que ocorrem.

3.2 HISTÓRICO DA EMPRESA

A empresa em questão, está no mercado brasileiro desde 1960, tendo uma pausa em seus projetos durante 1968-1992, quando vendeu suas operações no país para concorrentes. Em 1992 reatou atividades comerciais no país e em 1998 instalou fábrica no país e as atividades de produção.

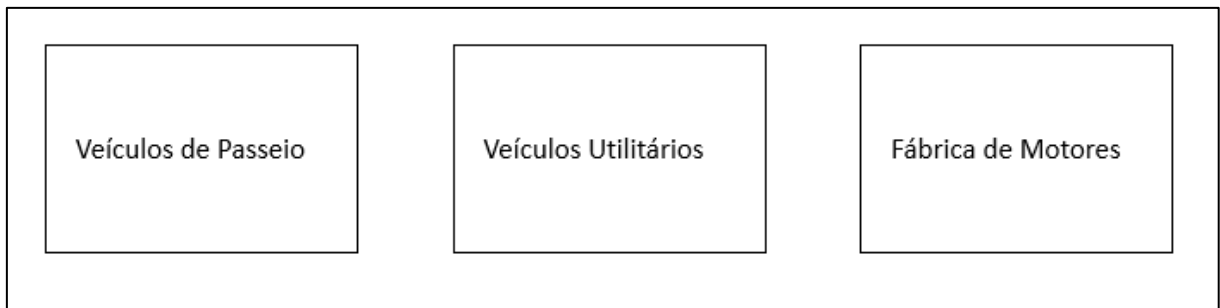
A empresa opera desde a estampagem de algumas peças até a montagem dos automotivos. Em 1998 também abriu um centro de design em São Paulo, sendo o primeiro no continente americano. Um ano mais tarde construiu a fábrica de motores

e no ano seguinte a fábrica de veículos utilitários. Atualmente a empresa além de abastecer todo o mercado nacional também exporta para filiais da Argentina, Colômbia, Romênia e México.

3.3 COMPOSIÇÃO DA EMPRESA

Atualmente a empresa possui as seguintes fábricas de produção, as quais são vistas na Figura 11.

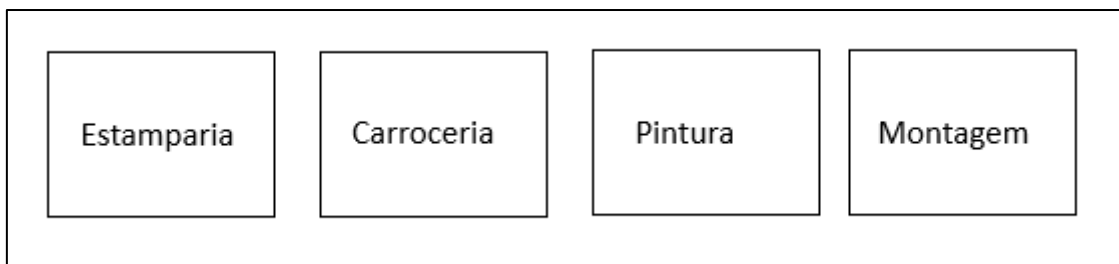
Figura 11 – Fábricas de produção



Fonte: Autoria Própria

Em relação a fábrica de passeio, que foi a fábrica pesquisada no trabalho temos a composição dos processos conforme a Figura 12.

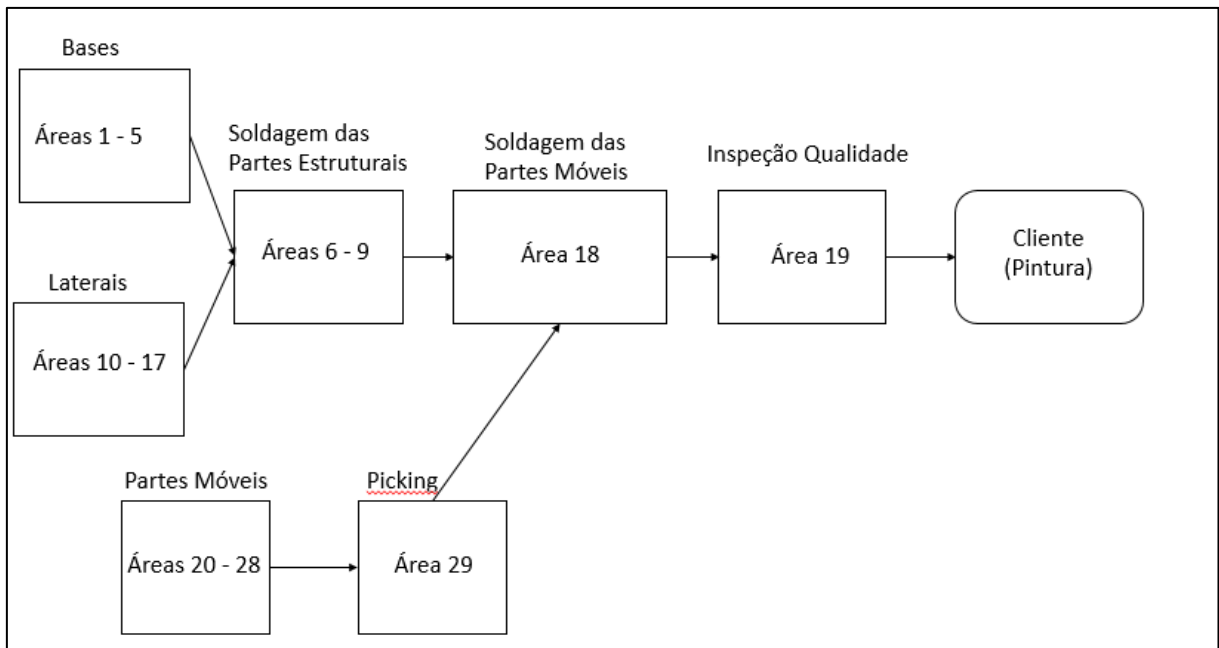
Figura 12 – Composição dos processos



Fonte: Autoria Própria

O processo onde foi realizada a pesquisa e, portanto, explorado mais detalhadamente é a Carroceria, a qual é composta por diversas áreas que fabricam partes e componentes específicos do carro. Essas áreas estão demonstradas na Figura 13.

Figura 13 – Composição das áreas do setor da carroceria



Fonte: Autoria Própria

A Figura 13 apresenta desde o início do carro, que são as Bases, até a junção das mesmas, junto as Laterais que ocorre na Soldagem das Partes Estruturais. Após é recebido as partes móveis do carro, como as portas, e por fim tem o setor de Qualidade para garantir que o automóvel seja vendido em boas condições para o Cliente, que é a Pintura.

É importante salientar que a empresa fabrica diferentes modelos automotivos, por isso se têm áreas específicas para cada modelo, sendo este o principal fator para que haja diversas áreas de partes móveis, que fabricam as portas, pára-lamas e capôs dos automóveis.

3.4 COLETA DE DADOS

Conforme citado anteriormente, o trabalho ocorreu na empresa automotiva, dentro de todas as áreas que fazem parte do setor da Carroceria. A Carroceria consiste em realizar, principalmente através da soldagem, a construção e montagem da estrutura de um automóvel

Cada área é composta por aproximadamente 20 postos de trabalho. Há como definição que 1(um) posto de trabalho é igual a 1(um) operador, porém o mesmo operador pode realizar diversas atividades em diversos dispositivos.

Focando na análise dos 7 desperdícios, adaptou-se uma tabela existente da própria empresa. A tabela antiga focava em particularidades do processo e por isso foi adaptada para documentar e estudar conforme os desperdícios analisados. A Tabela 1 adaptada utilizada é a que segue abaixo:

Tabela 1 – Tabela de Classificação

Posto	Observador	Valor Agregado	Tempo de Espera	Deslocamento de Materiais	Movimentação de Pessoas	Defeitos	Operações Extras	Total
Posto 1								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
								0
	Total	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 1, trabalhou-se com 5 dos 7 desperdícios. Não foi inserido na Tabela 1 desperdícios com superprodução, nem estoque. Esses dois desperdícios, serão tratados apenas após a escolha da área a ser trabalhada, embora indiretamente eles vão afetar os outros desperdícios, principalmente o tempo de espera.

A nova tabela é genérica, podendo ser utilizado em outras linhas de produção, de diferentes setores produtivos conforme necessidade.

A coleta de dados segue um padrão o qual foi definido pela equipe de performance da matriz da empresa e, portanto, não será discutido a validade durante o projeto. Conforme esse padrão, tem-se que, para que os valores encontrados representem a realidade do posto, um levantamento mínimo de 200 dados deve ser realizado.

A utilização dessa tabela ocorre do seguinte modo, o qual assim como o levantamento mínimo, também foi validado pela matriz da empresa. Observa-se o posto de trabalho onde o tempo entre as observações não são constantes, mas realizadas em um período curto de tempo, entre 2 a 15 segundos. Ao observar o posto de trabalho tira-se uma “fotografia” do momento e analisa o que foi encontrado de acordo com as atividades da Tabela 1. Caso durante a “fotografia” a pessoa esteja se deslocando, marca-se um ponto na quarta coluna (Movimentação de Pessoas), e prepara-se para retirar uma nova fotografia, que pode ser no mesmo posto ou não.

As atividades mais comuns durante a pesquisa para cada coluna foram: Soldar (Valor Agregado), Esperar operador que realiza a peça no mesmo dispositivo (Tempo de Espera), Deslocamento da peça até o dispositivo (Deslocamento de Materiais), Retoques na peça (Defeitos) e Aplicação de proteção, ou validação de bimanual (Operações Extras).

Devido padrão de mínimo de 200 observações e pelo trabalho ter sido realizado dentro de todas as áreas da Carroceria. Utilizou-se 12 operadores, durante o período de 1 mês, para auxiliar com os dados.

Os resultados encontrados pela tabela mostravam a porcentagem de atividades que geravam ou não valor de todas as áreas e definiu-se o local a ser estudado utilizando dois focos. O primeiro classificando as áreas com maior porcentagem de atividades que não agregavam valor e posteriormente analisando as restrições da área em relação aos desperdícios encontrados.

Com a área definida, foi coletado o tempo de ciclo da operação. Esse tempo foi cronometrado no chão de fábrica e em casos, onde se fabrica peças de diferentes modelos, utiliza-se a proporção para representar o tempo de ciclo do operador. Por exemplo, para o carro A o operador leva 1,3 minutos para realizar a operação enquanto para o carro B o operador leva 1,2 minutos. Temos que o carro A representa 60% da produção e o carro B 40%, logo o tempo de ciclo equivale a:

$$c = 1,3*0,6 + 1,2*0,4 \quad (2)$$

Na área escolhida para estudo no trabalho, tem-se que o operador realiza lotes distintos de peças, conforme variações no modelo do carro. Portanto tem-se que o tempo de ciclo segue a lógica descrita anteriormente em todos os postos.

Por fim foram estudados os tipos de desperdícios de cada posto e selecionado juntamente com os postos os quais o tempo de ciclo excedia o *takt time*, como alvo durante as melhorias.

3.4 LEVANTAMENTO DE MELHORIAS

A área escolhida para estudo de desperdícios foi a de número 10 devido maior porcentagem de atividades que não agregam valor. A área equivale à lateral da carroceria. Após a escolha foi-se para o chão de fábrica, porém dessa vez buscando identificar possíveis ganhos ao eliminar os desperdícios encontrados durante a análise, focando principalmente nos postos alvos.

Para a parte de definições de melhoria, contou-se com o apoio de profissionais de diversas áreas, como Performance, Manutenção, Logística, Processo, Engenharia, Qualidade. Trabalhando com profissionais de diversos setores da empresa, conseguiu-se abordar ganhos de diferentes formas, além de prever e contornar possíveis obstáculos que poderiam aparecer ao realizar as alterações.

Durante o levantamento das melhorias na área analisada, teve-se a equipe durante um dia dentro da linha de produção. Levantando possibilidades de ganhos focados na análise quantitativa realizada anteriormente, e no final desse dia fez-se uma entrevista com operadores de forma a entender suas principais dificuldades e propostas de melhoria, devido os mesmos trabalharem na área e terem um maior conhecimento do local.

Trabalhou-se com uma equipe dedicada no local, pois de acordo com Hirano (2009) não se deve institucionalizar as perdas de produção. Para identificá-las foi necessário observar de forma exaustiva o posto de trabalho e separar as atividades, de forma a eliminar as atividades que não agregam valor e consequentemente são um tempo de operação o qual é pago ao operador, porém o cliente não paga em relação ao produto. Por exemplo, para o cliente final, não interessa se o operador necessitou realizar dez passos para fazer a soldagem da peça, a atividade que agrega valor é simplesmente a solda que faz com que o carro se comporte de forma adequada.

Além da identificação de atividades que não agregam valor, demos prioridade por manter o grupo dentro da área fabril, ao invés de filmar os postos e analisar em

outro local, pois dessa maneira além de analisar os ganhos nas atividades cíclicas, também foram observadas as paradas de linhas e as atividades não cíclicas.

Como explicado anteriormente, a equipe possuía pessoas de diferentes setores da empresa, dentre elas a Manutenção, a qual poderia auxiliar nas paradas que geravam perdas no volume de produção.

Porém o principal ponto pela decisão de analisar no chão de fábrica, foi o de eliminar desperdícios nas atividades não cíclicas. Atividades não-cíclicas são atividades as quais o operador executa, porém não faz parte de sua produção normal. Sendo quase sua totalidade de atividades que não agregam valor.

Dentro do setor analisado, essas atividades são principalmente compostas por troca de carrinhos com as peças de produção, troca de eletrodo que são consumíveis do processo e atividades que garantem a qualidade e 5S do dispositivo utilizado.

No segundo dia junto à equipe foi feito o levantamento das melhorias, discussão, re-elaboração caso necessário e definição de prazo e responsável. Para ações das quais se necessita um investimento fez-se o uso do 5W2H para definição sobre a necessidade e rentabilidade do mesmo.

Ao finalizar as ações, realizou-se um levantamento dos ganhos em valor agregado, utilizando como modelo a mesma tabela utilizada anteriormente para definir a área alvo do projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é apresentado o resultado dos dados colhidos de atividades que agregam e que não agregam valor, das ações realizadas e dos resultados obtidos.

4.1 RESULTADOS ENCONTRADOS

Foi feita a coleta de medições das áreas da Carroceria, conforme explicado na metodologia e após foi compilado os dados para o Excel, como pode ser exemplificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de Classificação Preenchida

Posto	Observador	Valor Agregado	Tempo de Espera	Deslocamento de Materiais	Movimentação de Pessoas	Defeitos	Operações Extras	Total	
Posto 1	Observador 1	6	1	0	7	0	9	23	
	Observador 2	7	0	1	5	0	8	21	
	Observador 3	9	2	1	9	0	7	28	
	Observador 4	7	0	0	6	0	5	18	
	Observador 5	7	1	0	8	0	8	24	
	Observador 6	5	0	1	4	0	7	17	
	Observador 7	4	1	0	8	0	6	19	
	Observador 8	4	1	0	10	0	8	23	
	Observador 9	6	1	1	7	0	7	22	
	Observador 10	8	0	0	6	0	6	20	
	Observador 11	5	2	0	6	1	5	19	
	Observador 12	3	0	1	8	0	6	18	
									0
									0
								0	
								0	
	Total	71	9	5	84	1	82	252	

Fonte: Autoria Própria

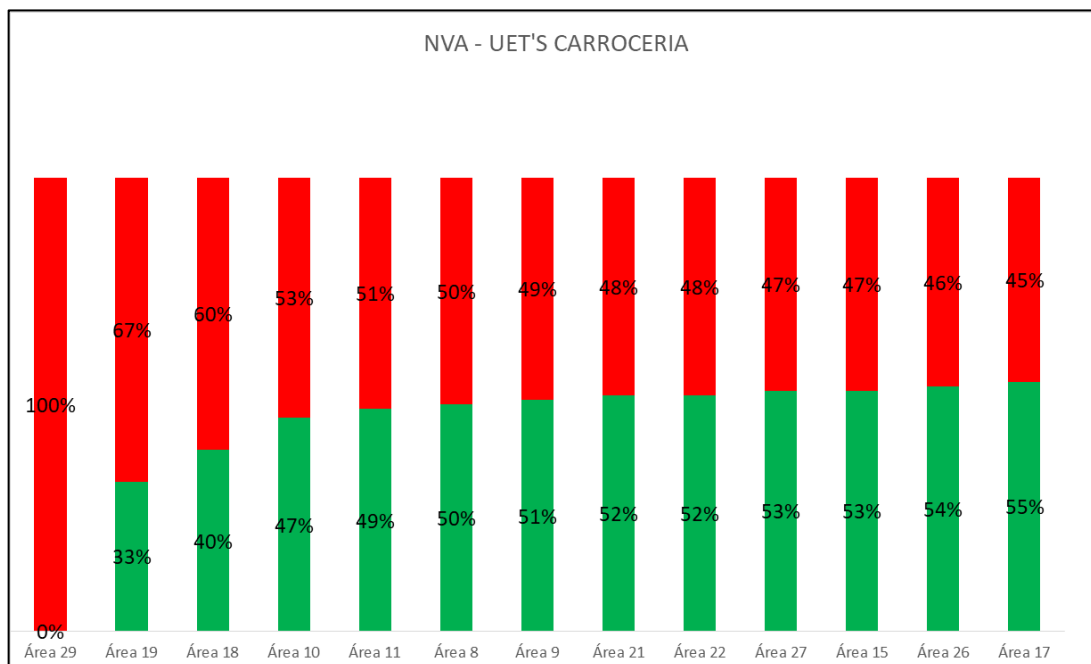
Esses valores foram retirados das folhas de dados usados durante a análise de todos os postos de trabalho, os quais superaram o mínimo necessário para ser validado (>200). Ao completar todos os postos é possível fazer uma análise completa. Convergindo os dados de cada posto para obter o resultado da área equivalente.

Compilou-se então o valor de todas as áreas, para analisar e discutir sobre qual área deveria ser abordada para redução dos desperdícios. A discussão sobre a área a ser trabalhada serve para que se possa identificar o local com maior potencial de ganho, garantindo que o tempo gasto na análise e posteriormente na identificação

de melhorias seja utilizado do melhor modo possível, assegurando competitividade dentro da empresa em relação aos seus concorrentes.

Os valores apresentados no Gráfico 1 apresentam as Atividades que Agregam Valor e Atividades que não Agregam Valor (verde e vermelho, respectivamente), e as áreas foram dispostas conforme ordem decrescente da porcentagem de atividades que não agregam valor.

Gráfico 1 – Porcentagem de atividades que agregam e não agregam valor por área



Fonte: Autoria Própria

A análise é realizada para identificar restrições e potenciais de ganho de cada área. Partindo da área com maior desperdício, temos a área 29, que é uma linha com poucas pessoas (4), cuja finalidade é selecionar as peças para a área 18, de forma que os operadores recebam a peça certa na posição certa, diminuindo o deslocamento e eliminando o tempo de escolha das peças. Essa atividade não agrega valor ao produto, porém como se explicou anteriormente ela elimina desperdício de movimentação para a área 18.

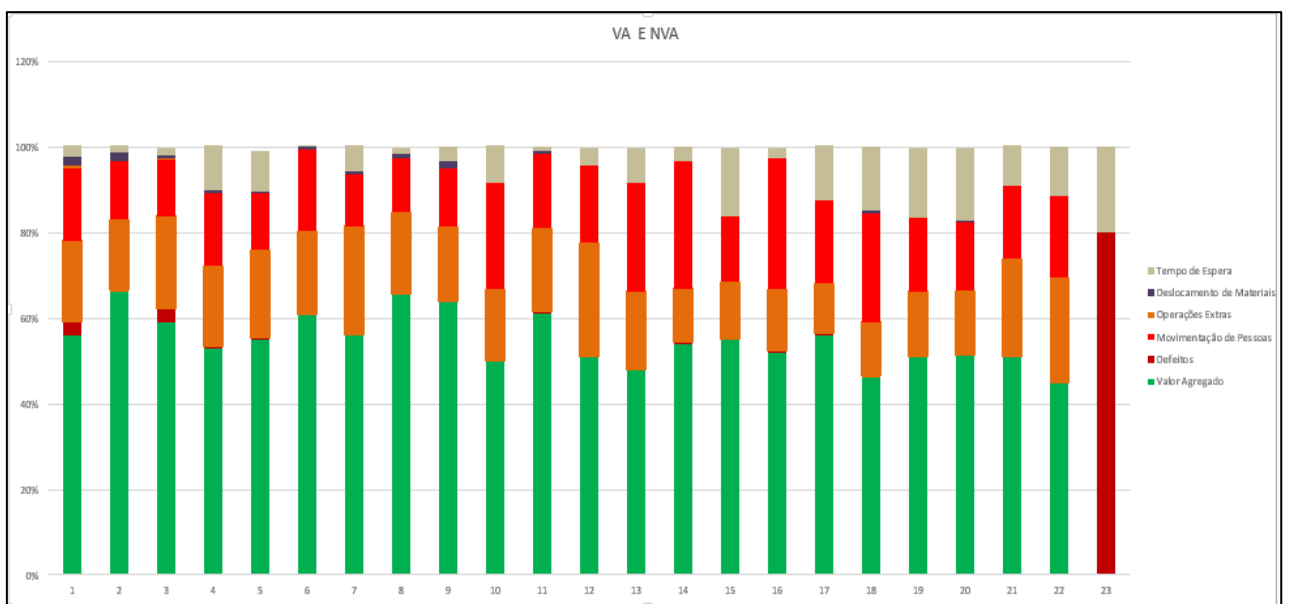
As áreas 18 e 19 representam as áreas com o segundo e terceira maior porcentagem de atividades que não agregam valor e são linhas focadas em ajustar a geometria das partes móveis em relação ao automóvel e garantir a qualidade percebida do mesmo junto ao cliente, portanto possui desperdícios os quais não poderão ser eliminados a menos que se ajuste o processo desde a concepção do

carro, o que não é o foco do trabalho. Dentro da área 19 o principal desperdício é com atividades para analisar a qualidade do carro de forma tátil e visual e na área 18 para ajustar a geometria do carro.

Prosseguindo a análise, há a quarta e quinta área com maior valor de atividades que não agregam valor, que são pertencentes as áreas 10 e 11. Essas linhas possuem processos similares, pois fazem partes simétricas do carro. Devido a área não apresentar nenhuma restrição significativa em relação aos desperdícios, como relatamos nas áreas anteriores e ao se trabalhar na área 10, poder capitalizar as ações para a área 11, decidiu-se continuar o trabalho na área 10.

Após a escolha da área de trabalho, o próximo passo foi o de identificar as possibilidades de ganho dentro da linha. Para isso, identificou-se em um gráfico os tipos de desperdícios encontrados em cada um dos 23 postos da área, de forma que durante o processo de melhoria, sabia-se os desperdícios mais importantes a estarem sendo eliminados. Esses dados podem ser vistos no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Porcentagem de desperdícios, atividades e tempo de espera por posto de trabalho



Fonte: Autoria Própria

Segue abaixo, na Tabela 3, os valores encontrados no Gráfico 2 e os tipos de desperdícios conforme ordem disposta.

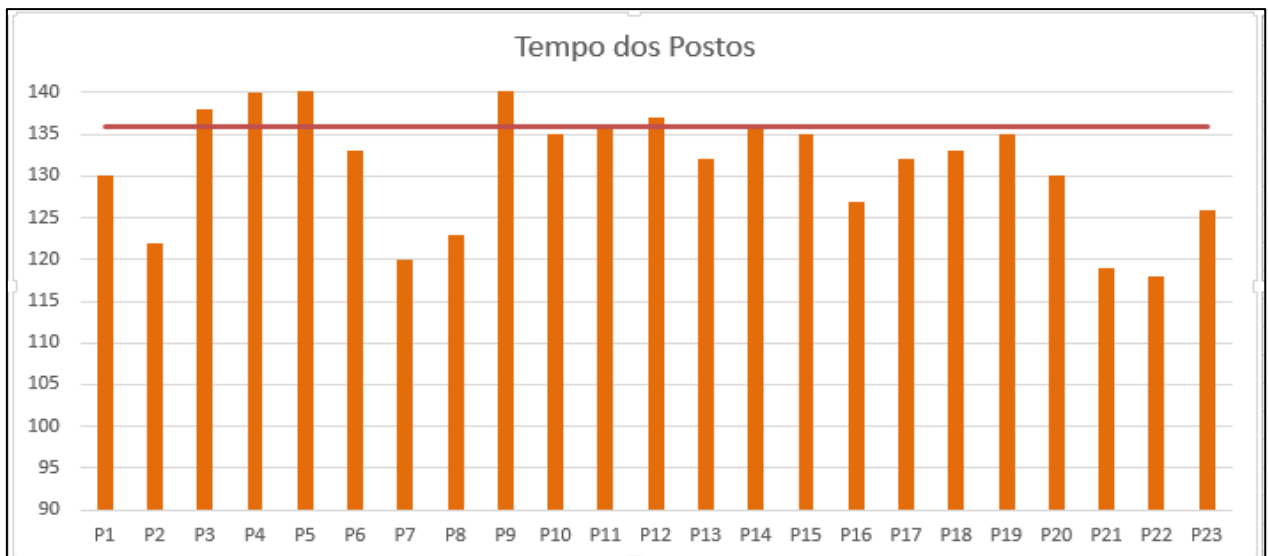
Tabela 3 – Valores dos desperdícios

POSTO	VALOR AGREGADO	DEFEITOS	OPERAÇÕES EXTRAS	MOVIMENTACAO DE PESSOAS	DESLOCAMENTO DE MATERIAIS	TEMPO DE ESPERA
1	57%	2%	19%	18%	2%	2%
2	64%	0%	19%	15%	2%	1%
3	59%	3%	22%	14%	1%	1%
4	52%	0%	24%	19%	1%	4%
5	56%	0%	18%	21%	1%	4%
6	60%	0%	20%	19%	1%	0%
7	56%	0%	25%	14%	1%	4%
8	63%	0%	18%	17%	1%	1%
9	62%	0%	18%	16%	1%	3%
10	49%	0%	17%	28%	0%	6%
11	61%	0%	20%	18%	0%	1%
12	49%	0%	27%	20%	0%	4%
13	46%	0%	20%	25%	0%	9%
14	55%	0%	11%	31%	0%	3%
15	55%	0%	12%	16%	0%	17%
16	53%	0%	15%	30%	0%	2%
17	55%	0%	11%	20%	0%	14%
18	44%	0%	14%	26%	1%	15%
19	52%	0%	13%	18%	0%	17%
20	52%	0%	13%	17%	1%	17%
21	52%	0%	19%	19%	0%	10%
22	43%	0%	27%	18%	0%	12%
23	0%	0%	0%	0%	80%	20%

Fonte: Autoria Própria

Dentro da área, realizou-se a medição dos tempos de ciclo, cronometrando as atividades conforme mencionado anteriormente. O Gráfico 3 apresenta o tempo de ciclo de cada posto, onde a linha horizontal representa o *takt time* conforme necessidade do cliente e, portanto, os postos que ultrapassam a linha geram perdas na produção.

Gráfico 3 – Takt time de acordo com área



Fonte: Autoria Própria

Com esses dados em mãos foram decididos os focos para o trabalho. Em relação a tempo excedido precisariam ser melhorados os postos 3, 4, 5, 9 e 12. Podendo ter melhorias através de ganhos de processo ou de re-balanceamento de atividade com os outros operadores. Além desses postos, também serão analisados os postos 13 e 14, devido ao excesso de deslocamento e que acabam gerando ociosidade ao posto 15. Após definir estes objetivos e postos alvos, apresentamos os dados para a equipe mencionada anteriormente, que irá auxiliar na melhoria do processo.

O tempo encontrado segue valor conforme padrão da empresa, onde em vez de se utilizar o segundo (s), utiliza-se o centiminuto (cmin), pois se consegue medir ganhos, mesmo que sejam pequenos, como a redução de 1 passo que é considerada como sendo de 1cmin.

Os postos de 1 até 7 são referentes a preparações, por isso os ganhos podem se dar principalmente através de rebalanceamento de atividades. Enquanto que os postos 9 e 12 fazem parte de um fluxo contínuo, portanto temos maior potencial de ganho, buscando melhorias no processo.

Os postos 13,14 e 15 são dispostos de 2 dispositivos, onde o operador 13 e 15 trabalham 100% nos seus dispositivos enquanto o operador 14 transita entre eles. Esse deslocamento gera um atraso nos postos, pois como os tempos de ciclo das

operações não são os mesmos, ele acaba interferindo e gerando ociosidade aos operadores, pois eles necessitam que o mesmo acabe a operação em outro dispositivo e se desloque para auxiliar a montar e validar a operação.

Com as informações coletadas, a equipe pôde se concentrar melhor nas oportunidades de ganho, tanto nos postos alvos, como dos desperdícios a serem eliminados. Conforme comentado anteriormente, ficou-se um dia analisando esses desperdícios e escrevendo as ideias em um papel para posterior discussão.

No dia seguinte, foram levantadas as possibilidades de ganho, propostas de melhoria em cima das ideias levantadas e por fim decidido a importância de cada ação, o responsável pela realização e o prazo

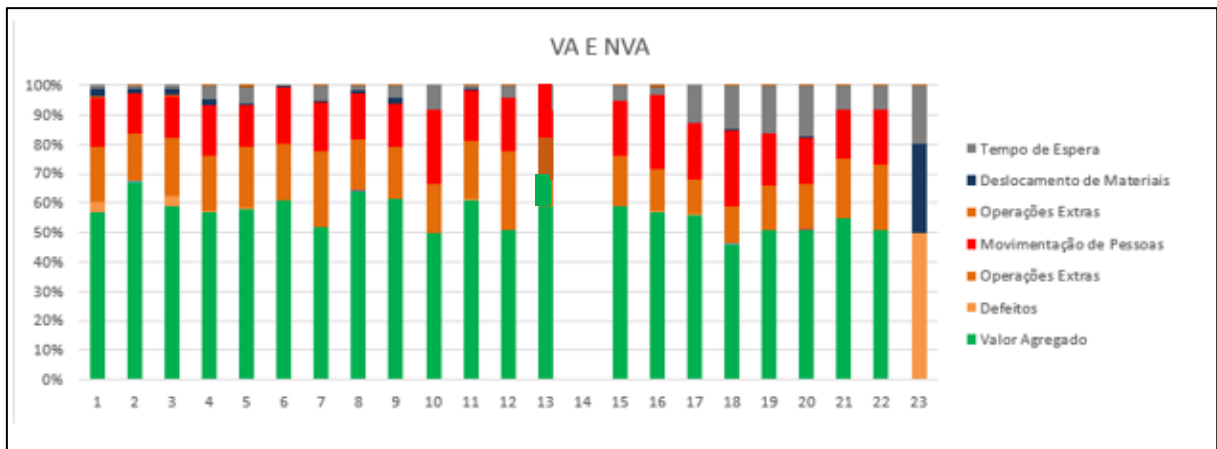
No total foram executadas 31 ações de ganhos, sendo 6 definidas como principais. Após a execução das atividades, tivemos a eliminação de um posto de trabalho, o posto 14, e um aumento de 3% em relação ao valor agregado da área, indo de 51% para 54%.

Não serão expostas dentro do trabalho todas as ações nem o layout do local para confidencialidade da empresa, de suas atividades e o detalhe das ações.

Dentre as ações realizadas, têm-se atividades voltadas desde a melhora do layout do posto, realocação de peças para diminuição de movimentos, automatização de serragens e no posto 14, houve o ganho de operador devido a instalação de um novo suporte aéreo, junto a um dispositivo que encaixa automaticamente uma das peças.

Esse ganho de operador fez com que os outros operadores recebessem os pontos de solda o qual o operador 14 realizava, aumentando assim o valor agregado de sua operação, além disso, também foi eliminado o tempo de ociosidade, enquanto esperavam o operador do posto 14. Em contrapartida os operadores receberam parte do deslocamento para pegar e montar as peças que este operador montava. Por fim, após todas as ações os postos apresentaram os seguintes resultados. Sendo o Gráfico 4 referentes a porcentagem atividades que agregam e não agregam valor, a Tabela 4 os valores referentes ao Gráfico 4 e o Gráfico 5 referente ao novo tempo após ser aplicado as ações.

Gráfico 4 – Porcentagem de desperdícios, atividades e tempo de espera por posto de trabalho após o estudo



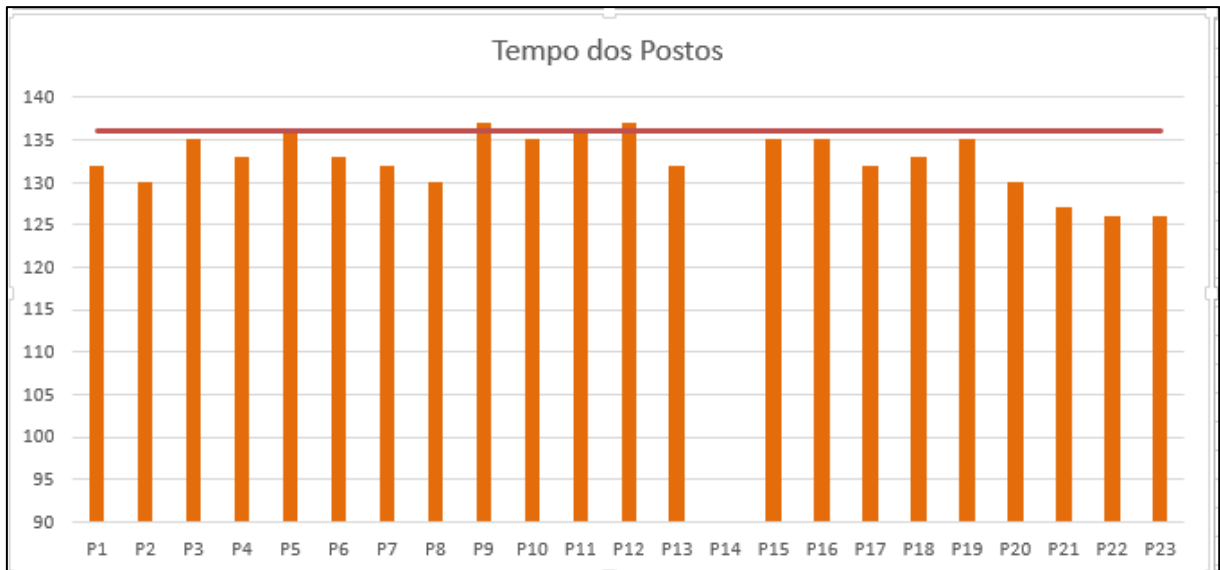
Fonte: Autoria Própria

Tabela 4 - Valores dos desperdícios após o estudo

POSTO	VALOR AGREGADO	DEFEITOS	OPERAÇÕES EXTRAS	MOVIMENTACAO DE PESSOAS	DESLOCAMENTO DE MATERIAIS	TEMPO DE ESPERA
1	56%	3%	20%	18%	2%	1%
2	68%	0%	14%	16%	1%	1%
3	58%	3%	20%	16%	2%	1%
4	56%	0%	20%	18%	2%	4%
5	57%	0%	22%	15%	1%	5%
6	60%	0%	20%	19%	1%	0%
7	51%	0%	27%	17%	1%	4%
8	63%	0%	18%	17%	1%	1%
9	61%	0%	18%	16%	2%	3%
10	49%	0%	17%	28%	0%	6%
11	60%	0%	21%	18%	0%	1%
12	51%	0%	26%	20%	0%	3%
13	68%	0%	14%	18%	0%	0%
14		0%				
15	58%	0%	18%	20%	0%	4%
16	56%	0%	16%	26%	0%	2%
17	55%	0%	13%	18%	0%	14%
18	45%	0%	22%	17%	1%	15%
19	50%	0%	16%	18%	0%	16%
20	50%	0%	16%	17%	0%	17%
21	54%	0%	21%	17%	0%	8%
22	51%	0%	22%	19%	0%	8%
23	0%	50%	0%	0%	30%	20%

Fonte: Autoria Própria

Gráfico 5 – Takt time de acordo com posto após o estudo



Fonte: Autoria Própria

Após as atividades ainda tivemos postos acima do *takt time*, porém se reduziu o tempo de 140 cmin, para 137 cmin.

Em relação a atividades não cíclicas, realizou-se ajustes nos carrinhos que trazem as peças para o operador, de forma que o posto recebesse todas suas peças em um mesmo local, evitando maior deslocamento. Ao estudar o tempo de estoque de cada peça, conseguiu-se alinhar para que em vez do operador receber peças de pontos diferentes, o mesmo recebesse todas no mesmo carrinho.

Por fim teve-se ganho na troca de consumíveis. Já existia a padronização de que cada posto possuísse um local onde pudesse guardar eletrodos novos para a realização da troca, porém os mesmos não estavam sendo preenchidos. Os quais foram retomados após a execução do projeto. Devido a essa má gestão, as trocas de eletrodo que deveriam durar no máximo 2 minutos, duravam na realidade pelo menos 6 minutos.

5 CONCLUSÃO

Ao analisar as atividades dos operadores, através da Tabela 1, que mostra a porcentagem de atividades que agregam ou não valor para o produto. Percebe-se que ainda existe elevado potencial de ganho na empresa ao focar em eliminar os desperdícios.

Os valores de atividades que não agregam valor e sua composição foram mostrados para a equipe antes de irem para a área em busca de melhorias. Percebeu-se que com o conhecimento dos desperdícios de cada posto, a equipe conseguiu gerar diversas melhorias, as quais não haviam sido elaboradas antes do trabalho.

Como resultado teve-se um aumento na quantidade de atividades que agregam valor, como citado anteriormente obteve-se um ganho de 51% para 54%, devido a introdução das atividades que o operador 14 realizava, para os demais postos.

Para melhor performance da empresa, necessita-se que todos os envolvidos com a produção estejam focados em serem performantes. Observou-se durante o trabalho, falta de gestão dos consumíveis, além de existir um posto para garantir a qualidade, o qual deveria ser obrigação de todo colaborador.

Os ganhos para a empresa, ocorreram além da área trabalhada, na área 11, pois conforme comentado anteriormente, as áreas eram simétricas. Devido trabalhar em 3 turnos de produção. Tivemos um ganho final de 6 operadores, que é significativo para auxiliar a competitividade da empresa no mercado automotivo.

Por fim, focando em uma mudança cultural, uma melhora vinda desde a direção até os operadores, em relação à qualidade vendida, auxiliaria a diminuir os desperdícios encontrados nas áreas 18 e 19, cuja grande parte de suas atividades é retocar os defeitos que são gerados em outras áreas.

REFERÊNCIAS

4 LEAN (Portugal). **Poka yoke**. Disponível em <<http://www.4lean.net/>>. Acesso em 02/08/2017.

ADVANCED CONSULTING & TRAINING (Brasil). **Poka Yoke**. Disponível em <<http://www.advanced-eng.com.br/glossario.htm>>. Acesso em 03/08/2017.

ALMEIDA, L. M. de L. **O modelo de gestão da Toyota**: uma análise do lean manufacturing ou manufatura enxuta baseada na teoria marxiana do valor trabalho. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

ALVAREZ, R. dos R.; JR, J. A. V. A. **Takt-Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção.**, p7, Gestão & Produção, 2001.

BARRATELLA, M. **“Gargalos na Administração da Produção: Um estudo de caso em uma empresa do ramo de peças de borracha localizada no município de Rafard”**. Monografia de Conclusão de Curso, 2013.

BECKER, C.; SCHOLL, A. **A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing**. European Journal of Operational Research. V. 168, p. 694-715. 2006.

BORNIA, A. C. **Análise dos princípios do método das unidade de esforço de produção**. 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. **A classification of assembly line balancing problems**. European Journal of Operational Research. V. 183, p. 674-693. 2007.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M. **A versatile algorithm for assembly line balancing.** European Journal of Operational Research. V. 184, p. 39-56. 2008.

BREGINSKI, R. B. **Balanceamento e sequenciamento de linhas de montagem de modelo misto: um estudo de caso da indústria automotiva no Brasil.**

Dissertação- Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013.

CANTIDIO, S. **As técnicas e atividades do sistema de gestão Lean,** 2009.

Disponível em <<http://sandrocan.wordpress.com/tag/takt-time/>>. Acesso: 20/10/17.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações.**

Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

DIEDRICH, H. **Utilização de conceitos do sistema Toyota de produção na melhoria de um processo de fabricação de calçados.** 2002. 146 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia com ênfase em produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FARRIS, J. A. et al. **Critical success factors for human resource in kaizen**

events: an empirical study. International Journal of Production Economics, 2009

FREIRE, L. **Lean Manufacturing.** 2012. Disponível em:

<http://ensino.univates.br/~stollbrs/PCP2/Trabalho.Eng.Prod.htm> Acesso: 15/12/2016

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações.** 8ª. ed. São Paulo: Cengage Learning. 2002.

GLORIA, T.G. **Apresentação e aplicação das ferramentas de produção enxuta em uma indústria de iluminação veicular para a redução de desperdícios e a obtenção de uma maior produtividade nos processos de montagem de lanternas automotivas.** Monografia CEUN-EEM, São Caetano do Sul, 2012.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção**. In: Adiel T. de Alemida & Fernando M. C. Souza. *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*. Recife: UFPE, 2008.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: Educus, 1996. 200 p.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 4 ed, p. 54, São Paulo, Atlas, 2009.

GROSBELLI, Andressa C. **Proposta de Melhoria Contínua em um Almoxarifado 6 utilizando a Ferramenta 5W2H - 2014**. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

HIRANO, K.; PORTER, J.R. **Asymptotics for Statistical Treatment Rules**. *Econometrica – Journal of The Econometric Society*.v77. 2009

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. Tradução Cecilia Fagnani Lucca. 3ª ed. IMAM. 1990

LIMA, M. L. S. C.; ZAWISLAK, P. A. **A produção enxuta como fator diferencial na capacidade de fornecimento de PMEs**. *Revista da Produção*, 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/prod/v13n2/v13n2a06.pdf>>. Acesso em: 15/08/17.

MARTINS, G. P. **Administração da Produção Fácil**. Editora Saraiva, 1º Ed. 2013

MAROUELI, C. A. **Gargalos da Produção**, 2008. Disponível em <<https://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/gargalos-de-producao/21678/>>. Acesso em: 29/11/17.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 491 p.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de Caso na Engenharia De Produção: Estruturação e Recomendações para sua Condução**, POLI-USP, 2010.

NARUO,S; TOMA, S.G. **Toyota production system to lean retailing**. Lessons from Seven -Eleven Japan. International Federation for Information Processing (IFIP), v.246, 2007.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Brasil. 156 p. 1988.

PERIARD, G. **O ciclo PDCA e a melhoria contínua**. Brasil. Disponível em <<http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoria-continua/>>. Acesso em 29/11/2017.

PETENATE, M. **Como evitar os 8 desperdícios da produção**. 2016. Brasil. Disponível em <<http://www.escolaedti.com.br/8-desperdicios-em-empresas/>>. Acesso em 29/11/2017.

POLACINSKI, E. **Análise do sistema de gestão da qualidade em organizações militares: Um estudo de caso**. 2006.140f. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção), Curso de mestrado do programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, 2006.

QUITÉRIO,F.N.D. **Uma Análise de técnicas do planejamento e controle da produção e da filosofia lean**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

RICCI, Mayara Rohenkohl. **Sistema Toyota de Produção: um estudo na linha de produção em uma indústria de confecção de ternos**. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

ROTHER, M; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício.** São Paulo, SP. Lean Institute Brasil, 1999

SASSI, Ilson. **Balanceamento de Linha: Estudo de caso para otimização de recursos em uma linha de produção.** 2012. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SCHOLL, A.; BECKER, C. **State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing.** European Journal of Operation Research. V. 168, p. 666-693. 2006.

SHIMBUN, N.K. **Poka yoke:** improving product quality by preventing defects. Japan: Nks Factory Magazine, 1987.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção:** do ponto de vista da engenharia de produção. Tradução de Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SMIDERLE, C. D.; VITO, S. L.; FRIES, C. E. **A busca da eficiência e a importância do balanceamento de linhas de produção.** In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais...** ABEPRO, 1997.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1999

WOMACK, P. J; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas.** Elimine desperdícios e crie riqueza, 5.ed. Rio de Janeiro.1998