Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Proposta para Implantação de Conceitos de Produção Enxuta em uma Indústria do Setor Metal-Mecânico na Cidade de Maringá/PR

Ariane Gregorio Ferreira

TCC-EP-17-2011

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Proposta para Implantação de Produção Enxuta em uma Indústria do Setor Metal-Mecânico na Cidade de Maringá/PR

Ariane Gregorio Ferreira

TCC-EP-17-2011

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Orientador(a): Prof.(ª):Drª. Márcia Marcondes Altimari Samed

Maringá - Paraná
2011

2011
DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Nelson Patrocínio Ferreira e Selma Gregorio Ferreira.

AGRADECIMENTOS

Eu tenho muito que agradecer à Deus a começar pelo fato de estar vivo, e de poder compartilhar este trabalho com outros seres, iguais a mim.

Aos que participaram de minha vida, de forma direta, quero agradecer muito a minha mãe, Selma, e ao meu pai, Nelson, pessoas cujos ensinamentos dados nesses anos foram imprescindíveis durante essa jornada e de extrema importância para me formar na pessoa que sou hoje. Obrigada pelas palavras de motivação, pelos conselhos, pela paciência nas minhas horas estresse e por todo carinho imensurável que vocês me transmitem. Eu amo vocês.

A minha irmã, Jacqueline, que compartilhou comigo todos os momentos e sempre soube fazer o seu papel de irmã mais velha, mesmo nem sempre sendo a ideal e a mais paciente, porém sempre ali quando era necessário, te amo. A minha avó, Izaira que é um poço de sabedoria, e de que todas as conversas sempre surgem conselhos indispensáveis, te amo muito.

Queria agradecer também aos meus colegas de turma, em especial Ana Carolina, Dayane, Natália e Tatiane, e a todos os outros. Tenho certeza que nessa caminhada vocês fizeram o papel principal foram a minha família. Obrigada pelos momentos de rir até doer a barriga, pelas noites mal dormidas para estudar pra termo, fenotran, etc ... pela paciência na hora de me ensinar, pelo ombro amigo sempre presente para passar o final de semana inteiro ouvindo lamentações, pelos domingos tediosos de altas conversas, enfim ... por tudo, tenho certeza que sem vocês eu não teria conseguido.

Aos professores que passaram por minha vida, que foram muitos, quero agradecer especialmente a Profª. Márcia, que me acompanha desde o 3º ano da faculdade, pelos seus ensinamentos tanto da vida acadêmica quando da vida pessoal, por ter aceitado me orientar nesse trabalho, pela paciência em todos os momentos em que eu me desesperava e corria para sua sala me lamentar e sempre encontrava lá a luz do fim do túnel.

A empresa Ingá Alumínios, principalmente pessoa do Anderson e todos colaboradores de chão de fábrica, que me receberam muito bem e me apoiaram para o desenvolvimento das atividades do estudo de caso.

RESUMO

A competitividade do mercado exige das indústrias empenho no desenvolvimento de novos padrões de produção, de forma a aumentar a produtividade e reduzir os custos operacionais e os desperdícios. Neste contexto, o objetivo deste projeto é analisar a situação atual de uma empresa do setor metal-mecânico, identificar os pontos em que ocorrem desperdícios e através da análise destes elaborar uma proposta melhorias para a situação atual. Para a identificação destes desperdícios, foi utilizada uma ferramenta do Sistema de Produção Enxuta, denominada Mapeamento do Fluxo de Valor, acompanhamentos *in loco* a empresa. Os resultados deste trabalho consistem na elaboração e análise de um Mapeamento do Fluxo de Valor Atual e Futuro. Além da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor também foi utilizado o Gráfico de Yamazumi para o auxílio de propostas para a situação atual, sendo assim capaz de propor melhorias para redução de desperdícios e também a redução do *lead time.*

Palavras-chave: Mapeamento do Fluxo de Valor, Produção Enxuta, Setor Metal-Mecânico.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ..... **x**

LISTA DE TABELAS ..... **xi**

1. INTRODUÇÃO **1**

1.1 JUSTIFICATIVA 2
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA 2
1.3 OBJETIVOS 3
1.3.1 Objetivo Geral 3
1.3.2 Objetivos Específicos 3
1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA 3

2. REVISÃO DA LITERATURA **5**

2.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS 5
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO 6
2.2.1 Princípio do Não Custo 7
2.2.2 Perdas no Processo de Produção 8
2.2.2.1 Perdas por Superprodução 8
2.2.2.2 Perdas por Espera 9
2.2.2.3 Perdas por Transporte 9
2.2.2.4 Perdas no Próprio Processamento 9
2.2.2.5 Perdas por Estoque 10
2.2.2.6 Perdas por Movimentação 10
2.2.2.7 Perdas por Fabricação de Produtos Defeituosos 11
2.3 OS PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO 12
2.3.1 *Just-In-Time* 12
2.3.1.1 Fluxo Contínuo 13
2.3.1.2 *Takt time* 13
2.3.1.3 Produção Puxada 14
2.3.1.3.1 *Kanban* 14
2.3.2 *Jidoka* 16
2.3.2.1 Separação Homem-Máquina 16
2.3.2.2. *Poka-Yoke* 17
2.3.2.3 Operações Padronizadas 18
2.3.3 *Heijunka* 18
2.3.4 *Kaizen* 20
2.3.5 Estabilidade 21
2.4 FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA 21
2.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor 21
2.4.2 Limpeza e Organização (5S) 22
2.4.3 *Layout Celular* 23
2.4.4 Manutenção Produtiva Total 23
2.4.5 Controle da Qualidade Total 24
2.4.6 Troca Rápida de Ferramentas 24
2.5 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR 24
2.5.1 Passos para o Mapeamento do Fluxo de Valor 25
2.5.2 Ferramentas Opcionais para o MFV 28
2.6 APLICAÇÕES DO MFV 32

3. DESENVOLVIMENTO **34**

3.1 METODOLOGIA 34
3.2. CONTEXTUALIZAÇÃO 34
3.2 FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO 40
3.3 ESTUDO DOS TEMPOS 44

4. CONCLUSÃO **72**

5. REFERÊNCIAS **73**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: A ESTRUTURA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO 12
FIGURA 2: FLUXO DE PRODUÇÃO TRADICIONAL VERSUS FLUXO UNITÁRIO CONTÍNUO 13
FIGURA 3: SISTEMA KANBAN: PRODUÇÃO PUXADA 15
FIGURA 4: SEPARAÇÃO ENTRE O HOMEM E A MÁQUINA 17
FIGURA 5: LINHA DE MONTAGEM NIVELADA 19
FIGURA 6: CICLO PDCA 20
FIGURA 7: ETAPAS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR 27
FIGURA 8: ÍCONES PARA O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR 27
FIGURA 9: MODELO DE YAMAZUMI 31
FIGURA 10: GRÁFICO DE PARETO 37
FIGURA 11: PANELA 20 38
FIGURA 12: LAYOUT DO SISTEMA PRODUTIVO 39
FIGURA 13: FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO 40
FIGURA 14: FLUXOGRAMA FUNDIÇÃO 41
FIGURA 15: FLUXOGRAMA FUNDIÇÃO – TAMPA 42
FIGURA 16: FLUXOGRAMA USINAGEM 43
FIGURA 17: FLUXOGRAMA MONTAGEM 44
FIGURA 18: MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR ATUAL 58
FIGURA 19: MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR – FUTURO. 61
FIGURA 20: GRÁFICO DE YAMAZUMI - PANELA 20. 64
FIGURA 21: EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS EM RELAÇÃO AO *TAKT TIME*. 65
FIGURA 22: AGRUPAMENTO DOS PROCESSOS 66
FIGURA 23: GRÁFICO DE YAMAZUMI PARA PROCESSOS AGRUPADOS. 66
FIGURA 24: EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS AGRUPADOS EM RELAÇÃO AO *TAKT TIME*. 67
FIGURA 25: MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR - FUTURO - PROCESSOS AGRUPADOS 69
FIGURA 26: DIFERENÇA NO *LEAD TIME*. 71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO DE 5 MODELOS 19
TABELA 2: VENDAS 2010 35
TABELA 3: CLASSES DE PARETO 36
TABELA 4: TEMPO PREPARAÇÃO FUNDIÇÃO.....45
TABELA 5: TEMPO PREPARAÇÃO AREIA VERDE. 46
TABELA 6: TEMPO MOLDE PANELA 20.....47
TABELA 7: TEMPO FUNDIÇÃO PANELA 20.....48
TABELA 8: TEMPO FUNDIÇÃO TAMPA 20. 49
TABELA 9: USINAGEM INTERNA PANELA 20. 51
TABELA 10: USINAGEM EXTERNA PANELA 20.....52
TABELA 11: USINAGEM INTERNA TAMPA 20.....53
TABELA 12: USINAGEM EXTERNA TAMPA 20.....54
TABELA 13: TEMPO FURAÇÃO/PREGAÇÃO PANELA 20.....55
TABELA 14: TEMPO FURAÇÃO/PREGAÇÃO TAMPA 20.....56
TABELA 15: TEMPO LIMPEZA PRODUTO FINAL. 57
TABELA 16: IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS.....59
TABELA 17: TEMPO DE CICLO E *TAKT TIME* - PANELA 20 63
TABELA 18: PROCESSOS AGRUPADOS. 68
TABELA 19: REDUÇÃO *LEAD TIME* DE PRODUÇÃO. 70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

STP Sistema Toyota de Produção

MFV Mapeamento do Fluxo de Valor

SPE Sistema de Produção Enxuta

JIT *Just In Time*

TPM Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)

TQM Controle da Qualidade Total (*Total Quality Management*)

ATO *Assembly-to-order*

MTS *Make-to-stock*

MTO *Make-to-order*

TC Tempo de Ciclo

TM Tempo Médio

V Velocidade

TN Tempo Normal

TP Tempo Padrão de Operação

TC Tempo Cronometrado

FT Fatores de Tolerância

1. INTRODUÇÃO

No período pós 2ª Guerra Mundial, o Japão encontrava dificuldades em se reabilitar para o mercado mundial. Em 1956, durante uma visita às dependências da Toyota Motors, Taiichi Ohno chegou à conclusão de que o sistema de produção em massa não seria o ideal para o exigente mercado japonês. Deste modo, decidiu-se realizar alterações e adaptações nos modos de produção, que resultou no Sistema Toyota de Produção (WOMACK *et al.* 2004).

O Sistema Toyota de Produção (STP) foi criado com a base do princípio do não-custo. Segundo Ghinato (2000), o "princípio do não-custo" surgiu devido à concorrência e o aparecimento de um consumidor mais exigente. Assim, uma vez que o preço passa a ser determinado pelo mercado, a única forma de aumentar o lucro é através da redução dos custos.

Desta maneira, o STP busca eliminar todos os tipos de desperdícios existentes por meio da identificação das sete principais perdas que ocorrem em uma indústria. A saber: perdas por superprodução, perdas por espera (perda por espera no processo; perda por espera do lote; perda por espera do operado), perdas por transporte, perdas no próprio processamento, perdas por estoque, perdas por movimentação e perdas por fabricação de produtos defeituosos (WOMACK *et al*. 2004).

Uma das formas de alcançar a eliminação de desperdícios é por meio da utilização da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), que é definida por Liker (2005), como sendo "um mapa que capta o fluxo de material e de informações, o qual ajuda a identificar as perdas no sistema".

Esta ferramenta consiste em um processo simples, em que haverá a construção de um cenário para a manufatura presente, cujos princípios baseiam-se na identificação e eliminação dos desperdícios encontrados no fluxo produtivo. Neste contexto, Rentes *et al*. (2004) explicam o MFV como "seguir a trilha de produção de uma família de produtos de porta-a-porta da planta e desenhar o mapa do estado atual com os fluxos de material e informações".

O Sistema de Produção Enxuta (SEP) é definido por Womack *et al.* (2004) por um sistema que aplica a redução de tudo em relação à produção em massa: menos esforço dos funcionários, menos espaço para a fabricação, menos investimento em ferramentas, menos

tempo em planejamento, estoques menores no local de fabricação, menos fornecedores, além da redução de defeitos, com uma maior variedade de produtos.

A ferramenta MFV permite a elaboração de uma situação futura para o SPE. Deste modo, as melhorias estão vinculadas ao fluxo completo e não somente a um dos processos isoladamente. Assim o trabalho tem como objetivo utilizar ferramentas do SPE para redução de desperdícios e *lead time*.

1.1 Justificativa

O SPE tem como base a produção somente de itens necessários no tempo necessário, sendo assim, tem como alvo a redução do tempo de produção e dos desperdícios, para a agregação de valor ao produto. Esta redução de desperdícios é aplicada por meio do aperfeiçoamento contínuo da produção, sendo assim capaz de utilizar menos recursos de entrada para obter a mesma saída. As ferramentas do SPE irão facilitar a identificação deste e outros problemas relativos a todo processo produtivo da indústria, podendo ser proposto um plano de ações de melhoria para a redução destes e melhoria da qualidade do produto final. Desta maneira, torna possível a redução de desperdícios de toda cadeia produtiva, o que acarretará em uma proposta que visa à produção de produtos com mais qualidade e produtividade.

1.2 Definição e delimitação do problema

A pesquisa foi realizada em uma indústria do setor metal-mecânico, localizada na cidade de Maringá/PR, a qual apresenta problemas em relação a estoque em processo, estoque final, desperdício de matéria-prima, entre outros.

O presente trabalho foi aplicado na fabricação de peças a partir de alumínio fundido, onde esta área é dividida em quatro setores: fundição, usinagem, montagem e expedição, também contará com o setor de ferramentaria, este tem a responsabilidade de prestar serviços internos aos problemas ocorridos com maquinário.

A grande dificuldade para implantação da ferramenta encontrou-se na falta de organização do planejamento da produção por parte da diretoria e também no fato da gestão de pessoas no chão de fábrica, que devido ao baixo nível de escolaridade encontram dificuldades para assimilar as necessidades repassadas a eles e para seguirem estas de maneira correta.

1.3 Objetivos

Aplicar por meio de proposta conceitos da Produção Enxuta a uma empresa do setor metal-mecânico, cujos objetivos – geral e específicos – são relatados a seguir.

1.3.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho consiste em aplicar ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor em uma empresa do setor metal-mecânico de Maringá/PR.

1.3.2 Objetivos Específicos

1) Mapear a situação atual do processo de manufatura de uma empresa do pólo metal-mecânico de Maringá/PR

2) Identificar e qualificar os pontos em que ocorrem desperdícios durante o processo de produção.

3) Analisar as principais oportunidades de melhoria para de redução de desperdícios das operações industriais.

4) Desenhar o novo mapa de fluxo de valor futuro e analisar o Gráfico de Yamazumi.

5) Planejar e propor ações que promova um processo de redução de desperdícios das operações industriais.

6) Avaliar os possíveis resultados a serem alcançados com as propostas sugeridas.

1.4 Estrutura da Monografia

No Capítulo 2 é desenvolvida a revisão de literatura, abordando temas relacionados com o trabalho: Evolução dos Sistemas Produtivos, Sistema Toyota de Produção (princípios e ferramentas, Mapeamento do Fluxo de Valor, Ferramentas Opcionais para o MFV.

No Capítulo 3 é descrito o Estudo de Caso, caracterizando a empresa, as ações e métodos executados para o desenvolvimento do MFV.

O Capítulo 4 descreve as conclusões do trabalho e as soluções de melhorias proposta para a empresa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Evolução dos Sistemas Produtivos

A Revolução Industrial tornou os métodos de produção mais eficientes, a produção passou a ocorrer de maneira mais rápida, produzindo mais em menos tempo. Assim no início do século XX, para aprimorar esta produção Frederick Taylor, considerado o pai da Administração Científica, desenvolveu um estudo o "Estudo dos Tempos e Métodos". Por meio desta metodologia, Taylor buscava a melhor maneira para a produção em larga escala e para que esta ocorresse da melhor forma determinou-se também que seria preciso um trabalhador que realizasse determinada atividade da melhor maneira possível e menor tempo de execução (LORIERI, 2008).

Com o desenvolvimento do estudo de Taylor, o fundador da Ford Motor Company, o empresário Henry Ford desenvolveu o modelo de produção em massa que tinha como objetivo a redução do custo do produto através de um maior volume de produção. Estas novas técnicas implantadas por Ford além de reduzir significativamente os custos, proporcionaram também um aumento na qualidade do produto (WOMACK *et al.,* 2004).

Entretanto, o método fundado por Ford necessitava de grandes investimentos e instalações, segundo Womack *et al.* (2004, p. 24) "as ferramentas de Ford eram altamente precisas e, em muitos casos, totalmente ou quase automatizadas, mas também eram dedicadas a produzir um único item".

Com o término da segunda guerra mundial, setembro de 1945, o Japão passou a desenvolver a produção de carros de passeio, que até então esta foi substituída pela produção de caminhões de guerra. No entanto o Japão sofria com vários problemas como a limitação do seu mercado, a regência de novas leis trabalhistas, a economia devastada pela guerra, além da concorrência externa com EUA e Europa, que fabricavam carros de passeio. Todos estes problemas que o Japão sofria principalmente o fato de o seu mercado ser restrito e demandar diversos modelos impediram com que ele adotasse o sistema de produção em massa desenvolvido por Ford e Taylor (WOMACK *et al.,* 2004).

Devido a essas dificuldades, Taiichi Ohno, engenheiro e ex-vice presidente da Toyota Motors com o objetivo de atender o mercado Japonês, percebeu que precisava de um novo enfoque para suprir esta necessidade, surge então, o STP (WOMACK *et al.,* 2004).

2.2 Sistema Toyota de Produção

O interesse da família Toyota pela indústria automobilística surgiu a partir da primeira viagem de Sakichi Toyoda aos Estados Unidos em 1910, com a sua visita a Ford, até então a família Toyota produzia com grande êxito teares tecnicamente superiores pela *Toyoda Automatic Loom Works* (MÜLLER,1996).

Em 1929, o filho do fundador Sakichi, Kiichiro Toyoda também realizou uma visita técnica as fábricas da Ford, nos Estados Unidos. Em decorrência desta visita, com o entusiasmo de Kiichiro Toyoda, criou-se um departamento automobilístico, acreditando que a indústria automobilística em breve se tornaria o carro-chefe da indústria mundial. Então em 1937 aconteceu a fundação da *Toyota Motor Co* (GHINATO, 2000).

Segundo Ghinato (2000) em 1937 com a criação da Toyota Motors deu-se o início da produção de veículos motorizados. Esta fabricava caminhões militares para as forças armadas e tinha como objetivo atuar na produção em larga escala de carros de passeio e caminhões comerciais. Entretanto, neste mercado havia um impedimento devido à 2ª Guerra Mundial.

Com o término da 2ª Guerra Mundial, a montadora iniciou o seu desejo de fabricar em larga escala carros de passeio e caminhões comerciais, porém encontrou algumas dificuldades. A primeira foi a distância das concorrentes, como as indústrias dos Estados Unidos. A segunda era que a produtividade dos operários americanos era maior do que a dos japoneses, além das novas leis trabalhistas que foram introduzidas pela ocupação norte americana. A terceira era que o mercado interno do Japão era limitado e este tinha uma demanda variada de carros de luxo para autoridades governamentais, caminhões grandes, caminhões pequenos para os agricultores menores e carros pequenos adequados para as cidades populosas, quarto que a economia do Japão estava totalmente devastada devido à segunda guerra mundial (MÜLLER,1996).

Segundo Womack *et al.* (2004), dificuldades encontradas fizeram com que Kiichiro Toyoda, afirmasse a necessidade de alcançar as indústrias americanas em três anos, senão a indústria automobilística japonesa não iria sobreviver.

A partir disto tentou-se adotar o sistema de produção em massa com intuito de reproduzir a organização e o resultado obtido na Ford. Porém este sistema não teve êxito no Japão devido às peculiaridades do mercado consumidor japonês, que demandava diversos modelos de automóveis. Além disso, Ghinato (2000), afirma que na fábrica da Ford os trabalhadores eram subutilizados, as tarefas eram repetitivas, havia grande divisão do trabalho e a qualidade era totalmente negligenciada.

Em 1956, durante uma visita de Taiichi Ohno, este chegou à conclusão de que o sistema de produção em massa não seria o ideal para o exigente mercado japonês, então decidiu realizar alterações neste sistema, de maneira a melhorar e torná-lo compatível com o mercado japonês. Através destas mudanças, para a adaptação ao mercado japonês, que se chegou à criação do STP (WOMACK *et al.*, 2004).

Na década de 70, com a Crise do Petróleo, a economia mundial foi toda afetada, de acordo com Ghinato (2000, p.5), "a *Toyota Motor Co.* emergia como uma das pouquíssima empresas a escaparem praticamente ilesas dos efeitos da crise. Este "fenômeno" despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro: Qual o segredo da Toyota?!!!"

2.2.1 Princípio do Não Custo

A lógica tradicional das indústrias era a de que o preço era imposto pelo mercado, de acordo com Ghinato (2000), este era resultado de um custo de fabricação somado a uma margem de lucro, permitindo assim transferir ao cliente os custos de uma eventual ineficiência de seus processos. Assim, a equação era:

$$\text{Preço de Venda} = \text{Custo} + \text{Lucro} \qquad (1)$$

Segundo Shingo (1996, p.109) "a Toyota, não aceita esta fórmula [...]. Em vez disso, como é sempre o mercado (o consumidor) quem determina o preço de venda adequado, a Toyota utiliza o "princípio do não-custo". Portanto a Toyota segue a seguinte equação:

$$\text{Preço de Venda} - \text{Custo} = \text{Lucro} \qquad (2)$$

De acordo com Ghinato (2000), este "princípio do não-custo" surgiu devido à concorrência e o aparecimento de um consumidor mais exigente, assim o preço passar a ser determinado pelo mercado, portanto a única forma de aumentar o lucro é através da redução dos custos.

Assim, a Toyota realizou esta redução de custos por meio de uma análise detalhada de todo o processo de transformação, desde o estágio de matéria-prima até o produto final, encontrando quais eram os desperdícios, quais as atividades que não agregam valor ao produto final, além de outras perdas; fazendo com que estas fossem eliminadas, diminuindo o custo e consequentemente aumentando o lucro.

2.2.2 Perdas no Processo de Produção

Para uma maior lucratividade o STP, busca eliminar todos os tipos de perdas existentes, assim, os japoneses, com intuito de liquidar esses desperdícios identificaram sete principais perdas que ocorrem em uma indústria. Os sete desperdícios identificados pelo STP são perdas por superprodução, perdas por espera, perdas por transporte, perdas no próprio processamento, perdas por estoque, perdas por movimentação e perdas por fabricação de produtos defeituosos (GHINATO, 2000).

2.2.2.1 Perdas por Superprodução

Segundo Ghinato (2000) a perda por superprodução é a mais danosa, pois é a mais difícil de ser eliminada ela pode esconder as outras perdas. Esta perda de superprodução refere-se a dois tipos: perda por produzir demais (superprodução por quantidade) ou perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação).

A perda por superprodução por quantidade é aquela que produz além do limite, segundo Ghinato (2000), este é um tipo de perda inadmissível sob qualquer hipótese.

A perda por superprodução por antecipação é aquela que provém de uma produção realizada antes do momento necessário, assim este produto ainda não tem destino fazendo com que aguardem a ocasião de serem consumidos ou processados por etapas posteriores, aumentando também o estoque (GHINATO, 2000).

De fato as perdas por superprodução têm a capacidade de mascarar outros tipos de perda, devido ao aumento no estoque, fazendo com que este esconda eventuais imperfeições no processo.

2.2.2.2 Perdas por Espera

Este desperdício se origina de um intervalo de tempo no qual nenhum processo, transporte ou inspeção é executado, assim o processo fica parado, esperando o momento de seguir o fluxo de produção (GHINATO, 2000). Podemos ainda destacar três tipos de perda por espera: perda por espera no processo; perda por espera do lote; perda por espera do operador.

A perda por espera no processo é aquela que um lote aguarda o término da operação do lote que esta sendo realizada, até que a máquina esteja disponível para realizar o seu processo. A perda por espera do lote acontece quando, por exemplo um lote é processado, a primeira peça deste lote a ser processada tem que esperar até a última para que este lote possa ir para o processo seguinte, ocasionando assim uma perda grande de tempo. A perda por espera do operador é aquela que o operador tem que esperar pela máquina, ele é forçado a permanecer junto à máquina, para acompanhar todo o processamento desde o início até o fim.

2.2.2.3 Perdas por Transporte

Segundo Shingo (1996, p.59), "o transporte, ou movimentação dos materiais, é um custo que não agrega valor ao produto", sendo assim esta é uma perda que deve ser minimizada. De acordo com Ghinato (2000) o transporte ocupa 45% do tempo total de fabricação, por isso deve ser encarado como uma das prioridades no esforço de redução de custos.

O transporte sempre aumenta o custo e nunca agrega valor ao produto, pois sempre existirá durante o processo, portanto este deve ser otimizado por meio de mudanças no layout, fazendo com que a movimentações e materiais e produtos diminua.

2.2.2.4 Perdas no Próprio Processamento

Perdas no próprio processamento são aquelas que podem ser eliminadas sem afetar a característica básica do produto/serviço (GHINATO,2000). Esta perda no próprio processamento também pode ser caracterizada como uma atividade no processo que dependa de mais esforço do que o requerido pelas especificações do cliente, sendo considerado assim um desperdício (SHINGO, 1996).

2.2.2.5 Perdas por Estoque

A perda do estoque pode ocorrer, tanto como a perda no estoque de matéria-prima, em processamento ou produto acabado, porém estes estoques proporcionam uma segurança, são conhecidos como um "mal necessário". Segundo Ghinato (2000, p. 19) "O STP utiliza a estratégia de diminuição gradativa dos estoques intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás dos estoques."

Shingo (1996, p.61) determina três tipos de estoques:

> a) "De uma perspectiva de Engenharia de Produção; certos estoques são resultados do fluxo desbalanceado entre processos.
>
> b) De uma perspectiva de controle de produção, estoques de amortecimento ou buffer são permitidos entre processos para evitar que quebras de máquinas ou refugos atrasem os processos subseqüentes.
>
> c) "Estoque de segurança"- superprodução além da necessária pelas razões usuais de controle- para permitir que os gerentes se sintam seguros."

Segundo o mesmo autor, apenas a eliminação dos estoques não resolve os problemas, as causas da instabilidade devem ser eliminadas em primeiro lugar, assim na medida em que um fluxo irregular de produção, defeitos, quebras de máquina, tempos excessivos de preparação, etc., são corrigidos, os estoques vão diminuindo e, consequentemente serão eliminados.

2.2.2.6 Perdas por Movimentação

Estas perdas estão relacionadas à movimentação inútil, ou seja, a ineficiência da operação. Segundo Ghinato (2000, p. 19):

> "Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. Tipicamente, "a introdução de melhorias como resultado do estudo dos movimentos pode reduzir os tempos de operação em 10 a 20%."

Assim, a racionalização de movimentos pelos operadores, fará com que esta perda de movimentação diminua, além de adequação máquina-homem, o que fará com que este tenha um melhor desempenho na sua função.

De acordo com Ghinato (2000), a redução nas perdas por movimento é obtida com auxílio da mecanização de operações, passando para a máquina a atividade que era realizada pelo homem. No entanto, esta providência só deve ser tomada quando se cessaram outras alternativas de melhorias na movimentação do operário e eventuais mudanças nas rotinas das operações.

2.2.2.7 Perdas por Fabricação de Produtos Defeituosos

Esta perda é o resultado da geração de produtos que apresentam alguma característica fora da especificação determinada, não satisfazendo os requisitos de uso (GHINATO, 2000). Segundo o autor, o STP, busca eliminar estas perdas junto à causa-raiz do defeito, necessitando assim de métodos de controle e inspeção na fonte, para identificar e prevenir a ocorrência.

Shingo (1996) separa dois métodos de inspeção: inspeção por julgamento e inspeção informativa.

Ainda segundo Shingo (1996, p. 48) conceitua inspeção por julgamento como:

> "Esse tipo de inspeção é chamado inspeção por julgamento porque simplesmente distingui produtos defeituosos de não-defeituosos e emite um certificado *postmortem*. O número de defeitos encontrados pode variar, mas as fontes dos defeitos permanecem inalteradas. Porém a inspeção por julgamento não pode impedir a ocorrência de defeitos durante o processamento."

Ainda segundo Shingo (1996, p.48), a inspeção informativa se conceitua como:

> "Para reduzir a efetivamente a taxa de defeitos, o processamento deve ser informado sempre que um defeito é encontrado, de forma que medidas sejam tomadas sempre que um defeito é encontrado, de forma que medidas sejam tomadas para corrigir o método ou a condição de processamento, impedindo, assim, a repetição do defeito. A inspeção que realiza essa função é chamada de inspeção informativa."

2.3 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção

Segundo Ghinato (2000), o STP não deve ser interpretado como sendo o *Just In Time* (JIT), o que o limitaria. O Sistema Toyota é composto de uma estrutura formada por dois pilares, JIT e Jidoka, sendo representado pela Figura 1.

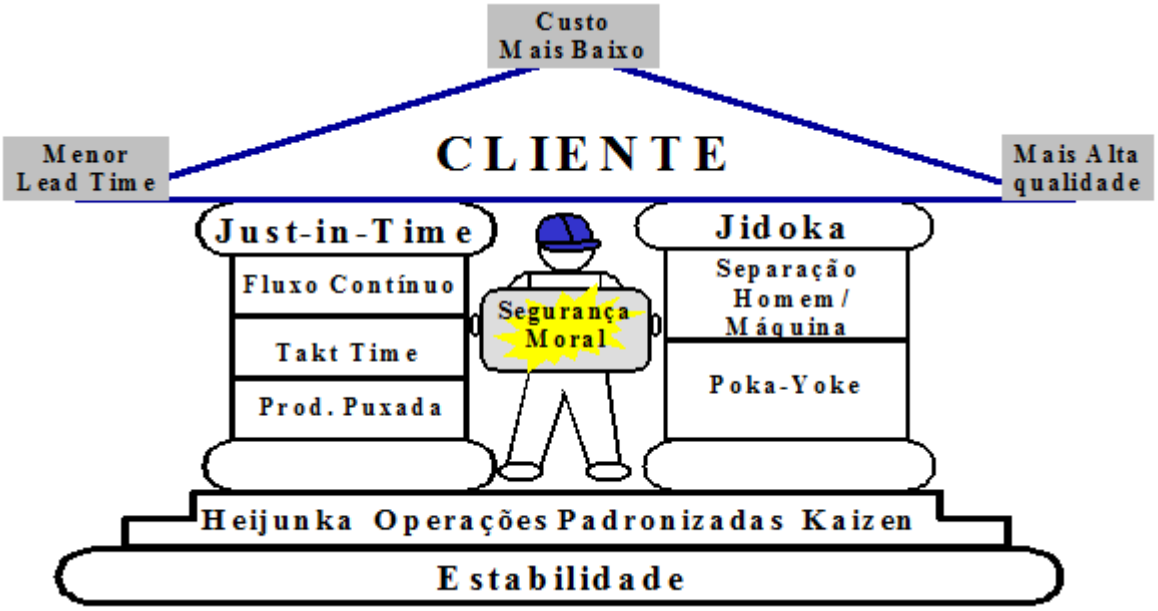

Figura 1: A Estrutura do Sistema Toyota de Produção
Fonte: Ghinato (2000).

Por meio da Figura 1, percebe-se que o objetivo do STP é atingir as necessidades dos clientes, com a melhor qualidade, menor custo e em um menor tempo.

2.3.1 *Just-In-Time*

De acordo com Shingo (1996, p.235) "*Just-in-time*, [...], significa "a tempo" ao passo que, para transmitir o sentido de "no momento exato". Assim *Just-in-time* (JIT) no Sistema de Produção Enxuta, não significa nada mais do que, fazer entrega no momento exato, com o objetivo de eliminar o estoque para isso, é necessário que o processo esteja suprimo com itens certos, na quantidade certa e no local certo, para que tudo ocorra da melhor maneira.

Segundo Ghinato (2000), o JIT tem como objetivo a ocorrência de um fluxo contínuo, por meio da eliminação e localização das perdas, assim o JIT fica dependente de três fatores relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada.

2.3.1.1 Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo no STP apresenta-se como uma ferramenta para a redução do *lead-time*, para que esta seja realizada com êxito requer uma reorganização e rearranjo do *layout* fabril. Os layouts funcionais, que são aqueles que as máquinas e recursos são agrupados de acordo com o processo, devem ser mudados para células de manufatura.

Estas células de manufatura irão realizar determinados processos para a fabricação de uma família de produtos, porém só estas células não são suficientes para implementação do fluxo contínuo. Segundo Ghinato (2000, p. 7):

> "O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementarmos um fluxo unitário (um a um) de produção, onde, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados. Desta forma garantimos a eliminação das perdas por estoque, perdas por espera e obtemos a redução do *lead time* de produção."

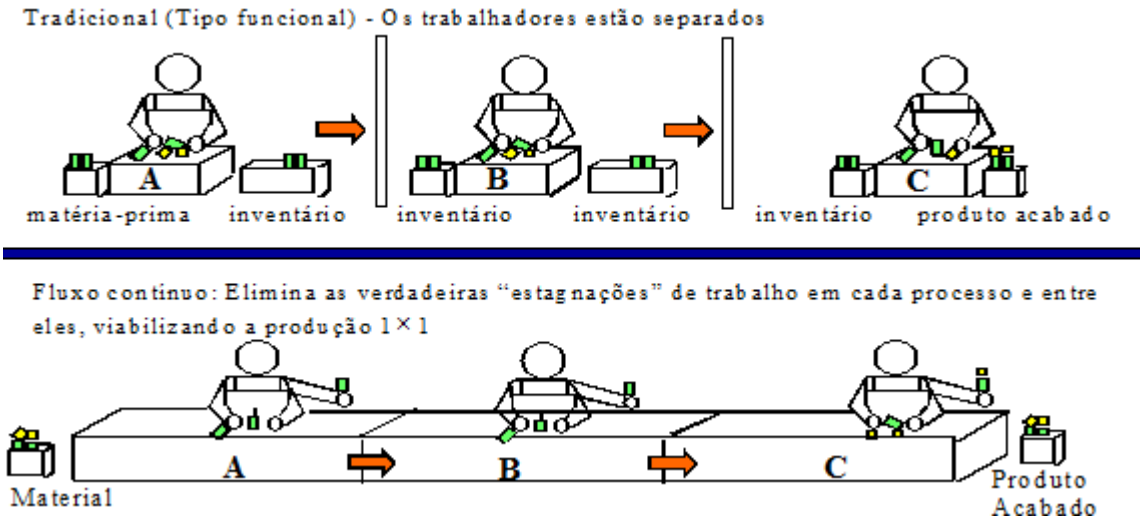

Figura 2: Fluxo de Produção Tradicional versus Fluxo Unitário Contínuo
Fonte: Ghinato (2000).

2.3.1.2 *Takt time*

Com a implementação do fluxo contínuo é necessário um balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação (GHINATO, 2000). O *takt time* é calculado a partir do tempo necessário para produzir uma determinada quantidade de produto; esta, por sua vez, baseada na demanda do cliente. Por isso na lógica de "produção puxada", o processo só será realizado a partir da demanda do cliente. Assim, o *takt time* tem a seguinte equação:

$$Takt_time = \frac{Tempo_total_disponível}{Demanda_do_cliente} \quad (3)$$

2.3.1.3 Produção Puxada

Segundo Ghinato (2000) um sistema trabalhando com produção puxada só produz aquilo que for preciso, evitando assim a super produção. O conceito de produção puxada confunde-se com a definição de JIT, porém a produção puxada deve repercutir o pedido do cliente desde a matéria-prima até o produto final, seguindo o contrário do fluxo dos materiais e não no sentido do fluxo dos materiais, como faz o JIT.

Shingo (1996) diz que a produção puxada se assemelha com um supermercado, onde os clientes podem ir às prateleiras e apanharem o que quiserem, pois elas serão reabastecidas à medida que os produtos forem retirados.

2.3.1.3.1 *Kanban*

O sistema de produção puxada é auxiliado pelo uso de *kanban*, um sistema de sinalização entre cliente e fornecedor, tendo como objetivo controlar e balancear a produção, eliminando perdas, permitir a reposição de estoques baseado na demanda e constituir-se num método simples de controlar visualmente os processos.

Segundo Ghinato (2000, p. 10), o processo ocorre da seguinte forma:

> "Através do sistema *kanban*, o processo subseqüente (cliente) vai até o super-mercado (estoque) do processo anterior (fornecedor) de posse do *kanban* de retirada que lhe permite retirar deste estoque exatamente a quantidade do produto necessária para satisfazer suas necessidades. O *kanban* de retirada então retorna ao processo subsequente acompanhando o lote de material retirado. No momento da retirada do material pelo processo subsequente, o processo anterior recebe o sinal para iniciar a produção deste item através do *kanban* de produção, que estava anexado ao lote retirado."

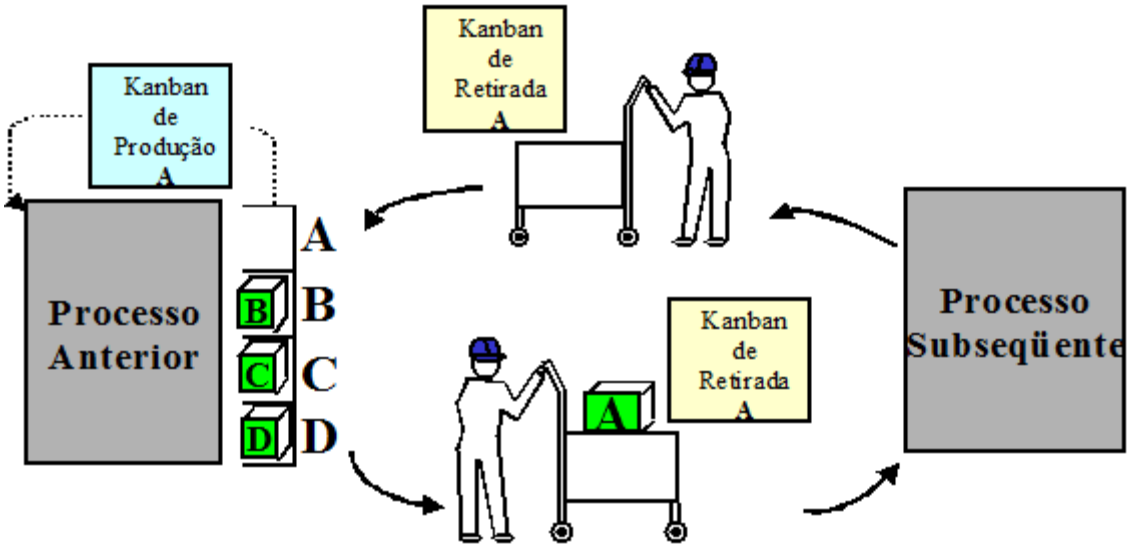

Figura 3: Sistema Kanban: Produção Puxada
Fonte: Ghinato (2000).

Os *kanbans* representados acima são os que Tubino (2000) define como sendo *kanban* de produção e *kanban* de requisição, aqueles são responsáveis por autorizar a fabricação ou montagem e determinado lote e o outro é responsável por autorizarem a movimentação de lotes entre o cliente e o fornecedor de determinado item, podendo ser cartões *kanban* de requisição interna ou externa.

Tubino (2000, p. 19) afirma que o nível de informação contida no cartão kanban é bem reduzido, devido este seguir a filosofia JIT, assim as informações básicas que um kanban de produção deve conter, são:

> a) "Especificação do processo e do centro de trabalho onde esse item é produzido;
> b) Descrição do item, com o código e especificação do mesmo;
> c) Local onde o lote deve ser armazenado após a produção;
> d) Capacidade do contenedor ou tamanho do lote que será fabricado;
> e) Tipo de contenedor para esse item;
> f) Número de emissão deste cartão em relação ao número total de cartões de produção para esse item;
> g) Relação dos materiais necessários para a produção desse item e local onde se deve buscá-lo."

Os supermercados representados na Figura 3 são definidos por Tubino (2000) como pontos de armazenagem que tem a finalidade de sinalizar o fluxo de movimentação do produto e qual o seu consumo, com base nos cartões *kanban* fixados no quadro, assim para cada supermercado

de itens existe um painel porta-*kanban* correspondente. Desta maneira cada estação de trabalho tem dois supermercados, um é o de entrada onde ficam dispostas as matérias-primas necessárias e o outro é o supermercado de saída, onde ficam os produtos acabados executados por esta estação de trabalho.

2.3.2 *Jidoka*

O início do *Jidoka* foi em 1926, quando Sakichi Toyoda inventou um tear que era capaz de parar automaticamente diante de qualquer anormalidade detectada. Com este novo dispositivo inventado, a necessidade de trabalhadores para ficar inspecionando as máquinas durante o funcionamento não existia mais, portanto, este novo dispositivo reduziria o número de trabalhadores, aumentando o lucro.

Segundo Ghinato (2000), esta invenção deu origem ao conceito de *Jidoka* ou autonomação. Porém, mesmo sendo ligado à automação o conceito de *Jidoka*, também se aplica a linhas de produção manual.

Jidoka tem como idéia central o impedimento de geração e propagação de defeitos, eliminando qualquer anormalidade existente no processamento. Além de não permitir que o problema se propague, o *jidoka* também auxilia na identificação do problema, pois quando se detecta alguma anormalidade, pode-se desencadear um esforço conjunto para identificar a causa fundamental do problema e eliminá-la, evitando assim a reincidência.

2.3.2.1 Separação Homem-Máquina

Homem e máquina sempre estiveram juntos por toda a história, porém isto tomou um rumo diferente a partir dos dispositivos capazes de detectar anormalidade, o que foi responsável por promover a separação homem e máquina.

Segundo Ghinato (2000) a separação que ocorre na prática é entre a detecção da anormalidade e a solução do problema. A detecção é uma função da máquina, porém a solução do problema continua sendo do homem, esta delegações de atividades permite que o homem possa operar em mais de uma máquina simultaneamente, como na Figura 4.

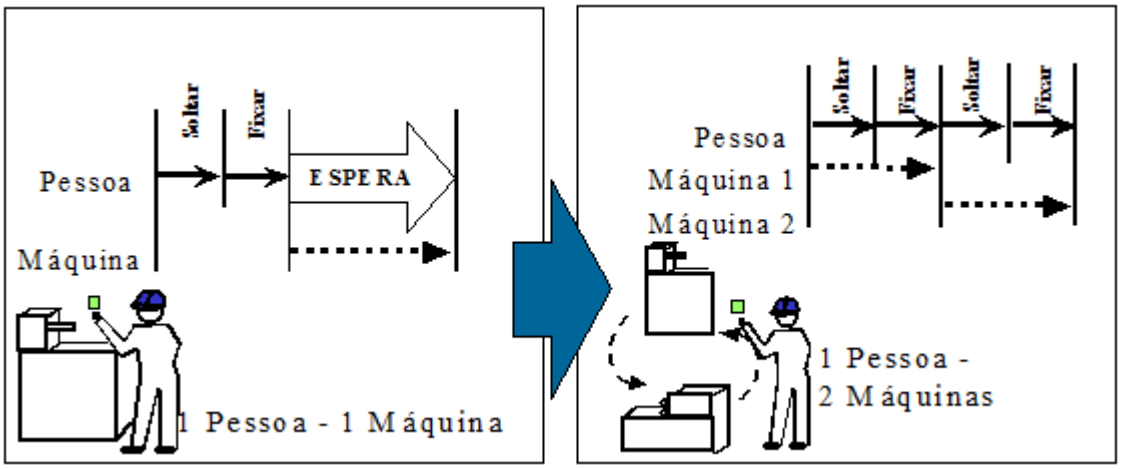

Figura 4: Separação entre o Homem e a Máquina
Fonte: Ghinato (2000).

2.3.2.2. *Poka-Yoke*

De acordo com Shingo (1996, p. 152), "Um dispositivo *Poka-yoke* é uma melhoria na forma de um dispositivo ou fixador que ajuda a atingir 100% de produtos aceitáveis, impedindo a ocorrência de defeitos."

Segundo Ghinato (2000, p. 13), "os dispositivos *poka-yoke* são a maneira pela qual o conceito do *jidoka* é colocado em prática. A aplicação dos dispositivos *poka-yoke* permite a separação entre a máquina e o homem e o decorrente exercício do *jidoka*."

Alguns exemplos dados por Shingo (1996, p.152), de *poka-yoke* são:

a) Dispositivos que impedem uma peça de encaixar em um gabarito se algum erro operacional tiver sido feito.

b) Dispositivos que impedem uma máquina de iniciar o processamento se houver algo errado com a peça que está sendo trabalhada.

c) Dispositivos que impedem uma máquina de iniciar o processamento se algum erro operacional tiver sido feito.

d) Dispositivos que corrigem erros operacionais ou de movimento e permitem que o processamento prossiga.

e) Dispositivos que obstruem defeitos através da verificação de erros no processo precedente impedindo-os de seguirem ao próximo, em caso positivo.

f) Dispositivos que impedem o início de um processo se alguma peça do processo anterior tiver sido esquecida.

2.3.2.3 Operações Padronizadas

Segundo Ghinato (2000), a operação padronizada por ser definida como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas, procurando obter a maior produtividade através da identificação e padronização dos processos que agregam valor. Outros objetivos da padronização são também o balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento.

A padronização das operações só deve ser utilizada quando, após a tentativa de outras melhorias para o processo, através desta padronização é possível identificar qualquer tipo de anormalidade no processo, ou seja, tudo que está fora do padrão de qualidade.

De acordo com Ghinato (2000), os componentes que constituem as operações padronizadas são: o *takt time*, a rotina-padrão de operações e a quantidade-padrão de inventário em processamento.

A rotina-padrão de operações é uma rotina determinada para o operador, para que ele execute determinada tarefa de tal maneira que todos realizem do mesmo modo, evitando que cada um execute aleatoriamente os passos do determinado processo, consequentemente cada rotina do trabalhador será executada dentro do *takt time* especificado, atendendo a demanda requerida. A quantidade-padrão de inventário em processamento deve ser determinada a partir do nível de produção, de forma a manter o fluxo constante com a mínima quantidade de peças em processamento e não sendo necessário manter qualquer estoque entre as máquinas.

2.3.3 *Heijunka*

De acordo com Ghinato (2000, p.16):

> "*Heijunka* é a criação de uma programação nivelada através do seqüenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para

> corresponder à demanda no longo prazo. Dito de outra maneira, *heijunka* é o nivelamento das quantidades e tipos de produtos."

Heijunka, juntamente com operações padronizadas e *kaizen*, formam mais um pilar do STP, fazendo com que este pilar seja o responsável pela estabilidade do processo produtivo.

Ghinato (2000) exemplifica de forma clara a mecânica do *heijunka*, por meio da tabela abaixo.

Tabela 1: Nivelamento da Produção de 5 Modelos

Modelo	**Produção Mensal (20 dias)**	**Produção Diária (480 min.)**	***Takt Time* (minutos)**
Modelo A	4800 unid.	240 unid.	2 min.
Modelo B	2400 unid.	120 unid.	4 min.
Modelo C	1200 unid.	60 unid.	8 min.
Modelo D	600 unid.	30 unid.	16 min.
Modelo E	600 unid.	30 unid.	16 min.
Total	9600 unid.	480 unid.	1min.

Fonte: Adaptado de Ghinato (2000).

No exemplo retirado de Ghinato (2000), a Tabela 1 representa a produção de 05 tipos de automóveis, diferentes, A, B, C, D, e E, considerando que cada modelo tem sua própria linha de montagem e que a última coluna da tabela apresenta o *takt time* para cada linha de montagem. Entretanto esses modelos devem ser fabricados na mesma linha de montagem de acordo com as suas respectivas demandas.

Assim, o *heijunka* para esta linha de montagem seria definido como uma sequência de AABACDAE, sempre de acordo com a demanda de cada tipo de modelo, como se estes estivessem sendo montados em linhas exclusivas, como a Figura 5.

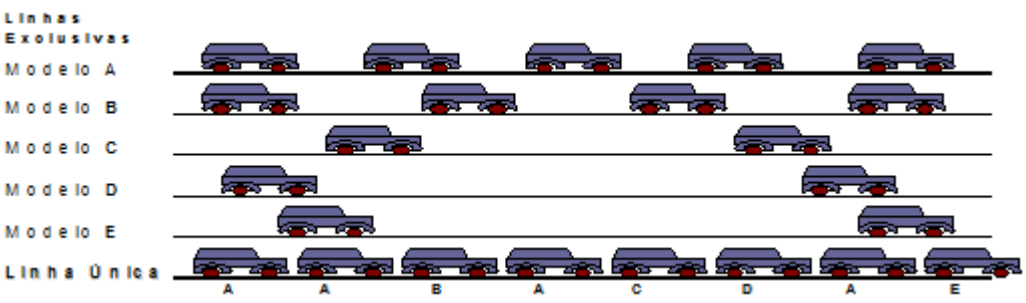

Figura 5: Linha de Montagem Nivelada
Fonte: Ghinato (2000).

2.3.4 *Kaizen*

A ferramenta *Kaizen* é avaliada por Imai (1996, p. 9) como:

> "A palavra implica melhoria que envolve todos gerentes e trabalhadores e envolve relativamente poucas despesas. A filosofia *Kaizen* assume que seu estilo de vida seja a vida profissional, social ou doméstica deve ser o foco dos esforços de melhoria contínua [...]. Embora as melhorias *Kaizen* sejam pequenas e incrementais, o processo *Kaizen* proporciona resultado significativos ao longo do tempo."

Sendo o terceiro componente da base do STP, segundo Ghinato (2000), a prática deste depende do monitoramento contínuo dos processos pela utilização do ciclo de Deming (ciclo *Plan*, *Do*, *Check*, *Act* - PDCA), este por sua vez desenvolve a partir da padronização da melhor solução e subsequente melhoria deste padrão. A Figura 6 representa esta relação entre padronização e *kaizen*.

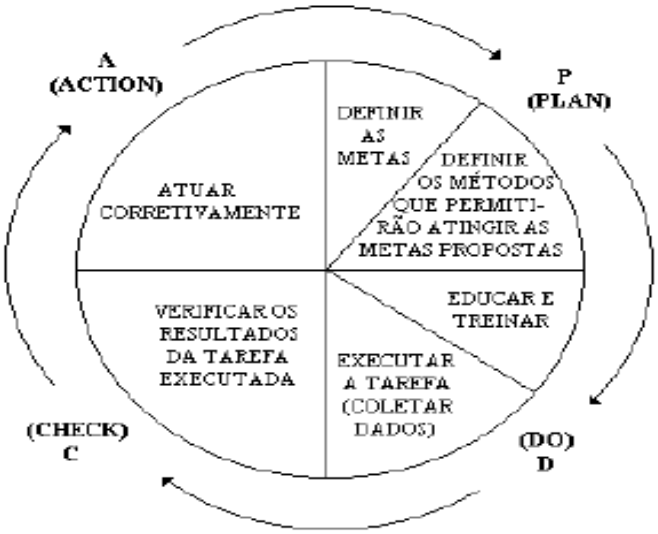

Figura 6: Ciclo PDCA
Fonte: Deming (1990).

Os passos que compõem o ciclo são:

P (*Plan*): planejamento, ou seja, definir as metas a serem alcanças e o método para alcançar as metas propostas.

D (*Do*): fazer, ou seja, executar as tarefas que foram previstas na etapa do planejamento.

C (*Check*): checar, ou seja, verificar se o resultado obtido esta conforme o planejado.

A (*Act*): ação, ou seja, consiste em atuar corretivamente sobre as metas que não foram atingidas.

2.3.5 Estabilidade

Ghinato (2000) afirma que a estabilidade é à base do STP, somente os processos estáveis que podem ser padronizados, garantindo assim a produção de itens livres de defeito (pilar *Jidoka*), na quantidade e momento certo (pilar JIT).

O autor ainda diz que a estabilidade é um pré-requisito para a implementação do sistema, e o planejamento da produção e das próprias ações de melhoria só pode ser realizado em um ambiente sobre controle e previsível, devendo ser conduzido em condições estáveis, caso contrário não é possível encontrar os problema de forma sistemática, mas sim a prática de "apagar incêndio".

2.4 Ferramentas da Produção Enxuta

Além dos pilares do STP, que são *Jidoka* (separação homem/máquina e *poka-yoke*), JIT (fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada), *heijunka*, operações padronizadas, *kaizen* e estabilidade também existem algumas ferramentas para que juntamente com esses pilares, auxiliem nas melhorias propostas por este sistema.

Estas ferramentas são: MFV, Limpeza e Organização (5S's), *Layout* Celular, Manutenção Produtiva Total (TPM), Controle da Qualidade Zero Defeitos e Troca Rápida de Ferramentas.

2.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

O MFV é definido por Liker (2005, p. 267), como:

> "O mapa de fluxo de valor capta processos, fluxos de material e fluxos de informações de uma dada família de produtos e ajuda a identificar as perdas no sistema [...]. Os eventos são dispostos em uma linha de tempo de projeto, mostrando quando ocorrem. Como diferentes funções organizacionais entram em ação em diferentes momentos, os processos são arranjados no diagrama de acordo com a função responsável por eles [...]".

O MFV permite enxergar o fluxo por meio de um mapeamento dos processos e identificar as fontes de desperdícios, os quais, segundo Womack *et al*. (2004) podem ser identificados como: superprodução; longo tempo de espera resultando na ociosidade das pessoas; movimento excessivo de materiais, pessoas ou informações que resultam em um desperdício de tempo, capital e energia; armazenamento excessivo ou falta de informações sobre o inventário; desorganização do ambiente de trabalho e falta de qualidade dos produtos ou produtos defeituosos.

A ferramenta MFV permite ainda a elaboração de uma situação futura para o SPE. Deste modo, as melhorias estão vinculadas ao fluxo completo e não somente a um dos processos isoladamente. Além disso, estimula a implantação de um processo sistemático de inovação contínua, por meio de eventos *kaizen*.

2.4.2 Limpeza e Organização (5S)

O programa do 5S trata-se de ações que ajudaram na limpeza e organização da indústria, contribuindo assim para um ambiente de trabalho apto para o gerenciamento visual de todo o processo. O nome 5S vem das iniciais de cinco palavras de origem japonesa: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, e segundo Martins e Laugeni (1998), temos:

1) *Seiri* (Senso de Utilização): Separação dos itens necessários dos desnecessários. Este é o senso responsável pela avaliação e separação dos recursos, separando o que é útil do que não é útil, destinando cada coisa para onde possa ser útil, evitando assim atrapalhar o trabalho rotineiro;

2) *Seiton* (Senso de Organização): Separar e acondicionar de forma organizada. Este é o senso responsável pela organização, fazendo com que cada coisa esteja no lugar certo de acordo com a sequência da atividade a ser realizada;

3) *Seiso* (Senso de Limpeza): Este é o senso responsável por manter o local de trabalho limpo, sempre retirando o lixo e evitando sujar e nada deve estar fora do lugar no fim do turno de trabalho;

4) *Seiketsu* (Senso de Saúde): Este é o senso responsável por manter a saúde física, mental e ambiental, o que é resultado da padronização dos três primeiros

S's, ações como manutenção da limpeza dos equipamentos e do local de trabalho.

5) *Shitsuke* (Sendo de Autodisciplina): Este é o senso responsável por manter a disciplina em relação aos outro S's, adaptando-se as novas realidades levando a melhoria do local de trabalho, da qualidade e da segurança do colaborador.

2.4.3 *Layout Celular*

O *layout* corresponde à maneira pela qual as máquinas e funcionários estão alocados no chão de fábrica, também conhecido como arranjo físico. Este é muito importante em um processo de produção, pois quando está alocado de maneira errada pode resultar em várias consequências como estoques de materiais, filas de clientes, tempo de processamento longo, etc. Além disso, a mudança do layout não é uma tarefa fácil, tem uma longa duração e gera muitos custos.

O arranjo físico celular de acordo com Slack *et al*. (2002, p.205) é definido por:

> "O arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados, entrando na operação são pré-selecionados (ou pré selecionam-se a si próprios) para movimentar-se para uma parte especifica da operação (ou célula) na qual todos os recursos transformados necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram"

2.4.4 Manutenção Produtiva Total

Segundo Liker (2005) quando o mesmo problema acontece repetidamente, a situação já é crítica então este é o momento de investir na Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* - TPM), fazendo com que todos aprendam a limpar, inspecionar e manter os equipamentos.

Assim, a TPM visa eliminar a variabilidade em processos de produção e este objetivo só será alcançado com o envolvimento de todos os funcionários na busca de aprimoramentos na manutenção (SLACK *et al*., 2002).

Slack *et al*. (2002) estabelecem cinco metas para estabelecer uma boa prática de manutenção na produção, que são melhorar a eficácia dos equipamentos, realizar manutenção autônoma, planejar a manutenção, treinar todo o pessoal em habilidades relevantes a manutenção e conseguir gerir os equipamentos logo no início.

2.4.5 Controle da Qualidade Total

Slack *et al*. (2002) , conceituam Controle da Qualidade Total (*Total Quality Management – TQM*), como uma filosofia, que representa uma mudança clara nas abordagens tradicionais de qualidade, preocupando-se particularmente com os seguintes assuntos,atendimento das necessidades e expectativas dos consumidores, inclusão de todas as partes da organização, inclusão de todas as pessoas da organização, exame de todos os custos relacionados com a qualidade, fazer "as coisas certo da primeira vez", desenvolvimento de sistemas e procedimentos que apóiem qualidade e melhoria e desenvolvimento de um processo de melhoria contínua.

2.4.6 Troca Rápida de Ferramentas

Diferentemente do Sistema Fordista, que produz uma grande quantidade de peças sem uma troca de matriz, o STP tomou o curso inverso fazendo uma produção em pequenos lotes e com troca rápida de ferramentas (OHNO, 1997).

De acordo com Shingo (1996), a definição de troca rápida de ferramentas vem de uma visão estratégica, seguindo um conceito para implantação da ferramenta e técnicas de apoio.

O objetivo da troca rápida de ferramentas é a redução do *setup*, por meio da redução das perdas relacionadas a este, através de estratégias de técnicas de implantação (FOGLIATTO e FAGUNDES, 2003).

2.5 Mapeamento do Fluxo de Valor

De acordo com Luz e Buiar (2004), a ferramenta MFV é essencial para a visualização de todo o fluxo de valor de uma empresa. Esta ferramenta engloba comunicação, planejamento e gerenciamento de mudanças, desta maneira ela é capaz de gerar informações imprescindíveis e coerentes para a tomada de decisões, para sustentar um processo de melhoria contínua.

Luz e Buiar (2004), afirmam também que o fluxo de valor é toda a ação que é necessária para que ocorra a transformação de matéria-prima até o produto final, destinado ao consumidor, independente se esta ação agregue ou não valor ao produto.

Segundo Rentes *et al*.(2004) a ferramenta é um processo simples onde haverá a construção de um cenário para a manufatura presente, onde seus princípios baseiam-se na identificação e eliminação dos desperdícios encontrados no fluxo produtivo. Portanto, explica o MFV da seguinte maneira: seguir a trilha de produção de uma família de produtos de porta-a-porta da planta, e desenhar o mapa do estado atual com os fluxos de material e informações. Posteriormente elabora-se um mapa com o estado futuro de como os fluxos deveriam seguir.

Albuquerque Neto *et al.* (2009) afirmam que a ferramenta MFV visa à eliminação do desperdício através da otimização do fluxo de processo e informações encontrados ao longo do fluxo produtivo,como por exemplo tempo de espera elevado e excesso de inventário.

Rother e Shook (1999), estabelecem quais são as vantagens da implementação da ferramenta, sendo estas; ajuda a visualizar mais do que os processos individuais, ajuda a identificar o desperdício e suas fontes, fornece uma linguagem comum para tratar os processo de manufatura, facilita a tomada de decisões sobre o fluxo, aproxima conceitos e técnicas enxutas, ajudando a evitar a implementação de ferramentas isoladas, forma uma base para o plano de implantação da Mentalidade Enxuta, apresenta a relação entra o fluxo de informação e o fluxo de material e é uma ferramenta qualitativa que descreve, em detalhes, qual é o caminho para unidade produtiva operar em fluxo.

2.5.1 Passos para o Mapeamento do Fluxo de Valor

De acordo com Rother e Shook (1999), para realizar o MFV é necessário seguir alguns passos:

1) Selecionar a família de produtos.
2) Determinar o gerente do fluxo.
3) Desenhar os estados atual e futuro.
4) Planejar e implementar o plano de ação.

Segundo Luz e Buiar (2004), a identificação da família é importante, pois os consumidores se preocupam com produtos específicos e não com todos os itens da manufatura, com da identificação da família de produtos feita.

Rentes *et al.* (2003) definem alguns critérios para a identificação da família de produtos que são; similaridade de processos: verificar o grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns em seus processos de transformação,freqüência e volume da demanda: é importante para a definição da política de atendimento à demanda: i) *Assembly-to-order* (ATO), ii) *Make-to-stock* (MTS) e iii) *Make-to-order* (MTO) e tempo de ciclo do produto: referente ao tempo que o produto leva para ser processado.

Rother e Shook (1999) consideram necessário fazer o levantamento de dados do processo como, demanda do cliente, definição dos processos mapeados, número de operadores de cada processo, tempo de ciclo de cada processo, dados dos fornecedores, etc.

De acordo com Rother e Shook (1999), o segundo passo é desenhar o fluxo de valor, ou seja, fluxo de material e informações, ou seja, o estado atual. O fluxo de material é desenhado na parte de baixo da esquerda para direita e o fluxo de informações é desenhado na parte superior, da direita para esquerda. O gerente de fluxo deve ser uma pessoa que tenha conhecimento de todo o fluxo e se possível seja a autoridade máxima da empresa, para que ele tenha autonomia para realizar as mudanças necessárias.

Assim a partir dos dados coletados no chão de fabrica o mapeamento do estado atual pode ser realizado, para determinada família de produtos, este será a base para o último passo, o de elaboração do plano de implementação, neste deve conter os passos que deverão ser realizados para se chegar ao estado futuro.

Segundo Rentes *et al.* (2004) , a elaboração do estado futuro esta extremamente relacionada com a elaboração do estado atual, pois é neste que surgem as idéias para o estado futuro, estando assim esses dois estados sobrepostos durante a realização deles. Isto pode ser observado na figura a seguir.

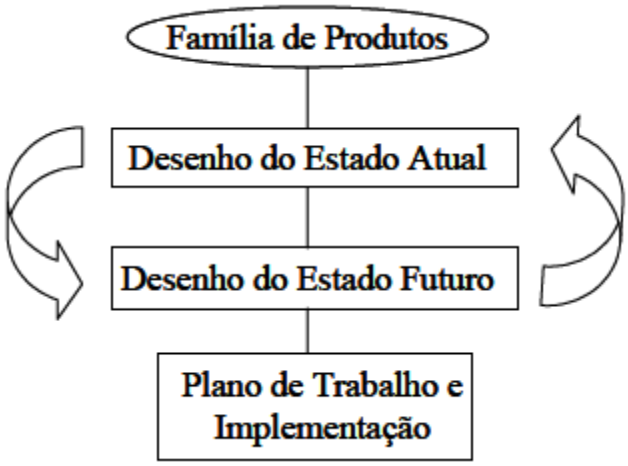

Figura 7: Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor
Fonte: Rother e Shook (1999).

Para a realização deste mapeamento são necessários alguns itens sugeridos por Rother e Shook (1999), conforme na Figura 8.

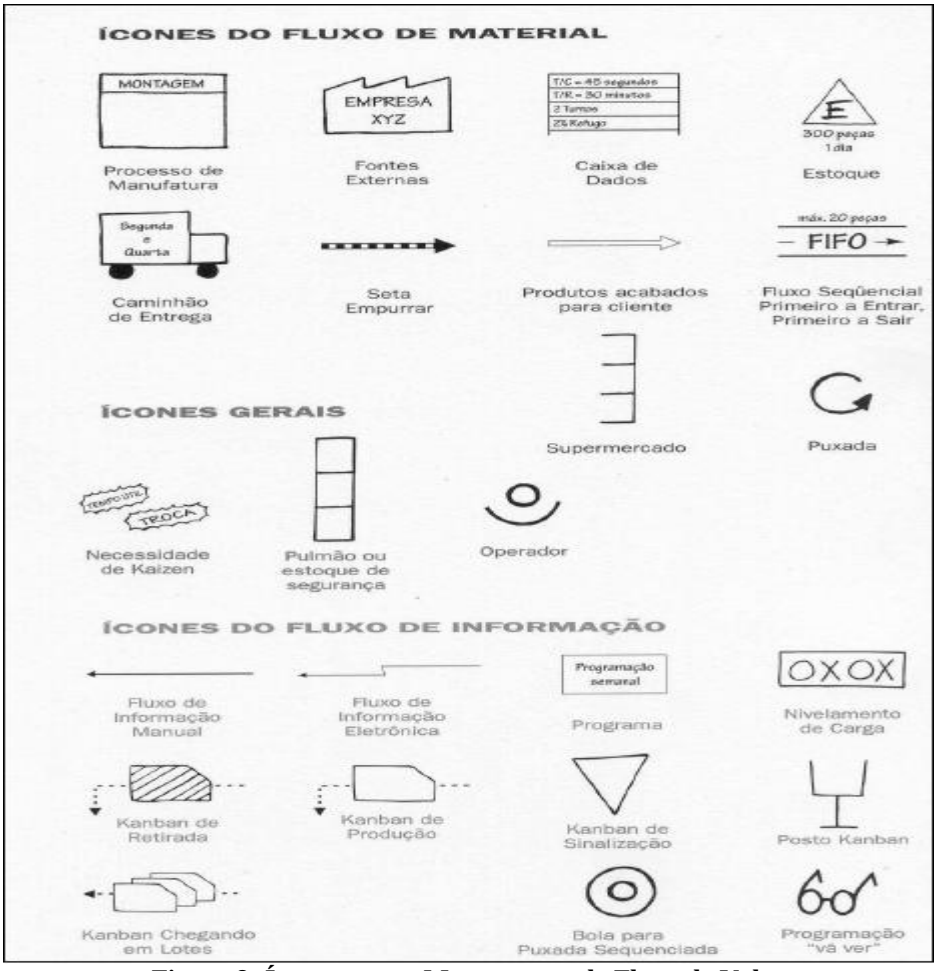

Figura 8: Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor
Fonte: Rother e Shook (1999).

Assim o objetivo do MFV, segundo Rentes *et al.* (2003), é atingir um fluxo contínuo, ligando todos os processos, desde o cliente à matéria-prima, gerando o melhor *lead time*, a mais alta qualidade e o mais baixo custo. Para que isto possa vir ocorrer é necessário seguir algumas regras coerentes com os princípios enxutos, que são:

1) Produzir de acordo com o *takt time*: o *takt time* é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho pelo volume de demanda do cliente, responsável por estabelecer o ritmo de produção para atender a demanda do cliente, sem que gere excesso de produção.

2) Fluxo contínuo: objetivo de desenvolver um fluxo contínuo em etapas possíveis, isso significa, produzir uma peça de cada vez, fazendo com cada item sendo passado de imediato para o próximo processo.

3) Supermercados: utilização de supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não é possível, assim com o sistema puxado com base em supermercados, o cliente vai retirar na quantidade e na hora que necessita assim o fornecedor tem que produzir apenas a quantidade necessária para o reabastecimento, esta ação é realizada com a ajuda do *kanban.*

4) Nivelar o mix de produção: distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo, podendo assim atender aos clientes que querem algo diferente do lote que está sendo produzido.

2.5.2 Ferramentas Opcionais para o MFV

Segundo Barnes (1997) o estudo de tempos é o método que avalia a quantidade de tempo necessário, que uma pessoa qualificada e bem treinada, precisaria para realizar uma determinada tarefa.

De acordo com Barnes (1997, p.272) o estudo de tempos é realizado com as principais finalidades:

> a) "Estabelecer programações e planejar o trabalho.
>
> b) Determinar os custos-padrão e como um auxílio ao preparo de orçamentos.

c) Estimar o custo de um produto antes do início da fabricação. Esta informação é de valor no preparo de propostas para concorrências e na determinação do preço de venda do produto.

d) Determina a eficiência de máquinas, o número de máquinas que uma pessoa pode operar, o número de homens necessários ao funcionamento de um grupo, e como um auxílio ao balanceamento de linhas de montagem e de trabalho controlado por transportadores.

e) Determinar tempos-padrão a serem usados como base para o pagamento de incentivo a mão-de-obra direta.

f) Determinar tempos-padrão a serem usados como base para o pagamento da mão-de-obra indireta, tais como os movimentadores de matérias e os preparadores.

g) Determinar tempos-padrão a serem usados como base do controle de custo da mão-de-obra."

Para realização do estudo de tempos é necessário equipamentos para realizar as medições, estes podem ser: cronômetro de hora centesimal ou comuns, filmadora, prancheta para observações e folha de observações.

Martins e Laugeni (1998, p.141), determinam alguns passos para serem seguidos para a determinação do tempo padrão de uma operação, alguns destes são:

a) "Discutir com os envolvidos o tipo de trabalho a ser executado, procurando obter a colaboração dos encarregados e dos operadores do setor.

b) Definir o método da operação e dividir a operação em elementos.

c) Treinar o operador para que ele desenvolva o trabalho de acordo com o método estabelecido.

d) Anotar na folha de observações todos os dados adicionais necessários.

e) Realizar a cronometragem e determinar o tempo médio (TM).

f) Avaliar o fator de ritmo (velocidade-V) da operação e determinar o tempo normal (TN).

g) Determinar as tolerâncias para a fadiga e para as necessidades pessoais.

h) Determinar o tempo padrão de operação (TP)."

Segundo o mesmo autor, a velocidade do operador é determinada subjetivamente por parte do cronometrista, já a tolerância para atendimento a necessidades pessoais leva-se em conta um tempo de 10min e 25min por dia de trabalho de 8 horas e a tolerância para alívio da fadiga é proveniente apenas da ação do trabalhador juntamente com as condições ambientais do local de trabalho, como excesso de ruídos, iluminação insuficiente, entre outros fatores geram fadiga.

Para o cálculo do tempo padrão (TP) o autor determina à seguinte sequência:

a) Calcular a média das cronometragens realizadas, obtendo-se o tempo cronometrado (TC) ou o tempo médio (TM).

b) Calcular o tempo normal (TN):

$$TN = TC \times V \tag{4}$$

c) Calcular o tempo padrão (TP):

$$TP = TN \times FT \tag{5}$$

, onde FT representa os fatores de tolerância, exemplo: se o fator de tolerância for 18%.

$$FT = (1 + 0{,}18) \tag{6}$$

O estudo de tempo para o balanceamento como auxílio ao balanceamento de linhas de produção utiliza-se também de um quadro desenvolvido pela Toyota, o Yamazumi *Board*, como conhecido, é definido por GOMES *et al*., (2008) como uma ferramenta que é usada para determinar quais serão as tarefas que cada operador deverá absorver chegando o mais próximo possível da linha do *takt time*, esta é utilizada como referência para a distribuição de tarefas e balanceamento.

Desta maneira o quadro apresenta um eixo relacionado ao tempo e um outro que representa o número de operadores ou os postos de trabalho. As barras azuis representam o tempo de

trabalho, a linha de tempo de ciclo programado representa o tempo ideal para que se tenha uma maior eficiência dos processos, (GOMES et al., 2008).

A definição do autor é demonstrada na Figura 9:

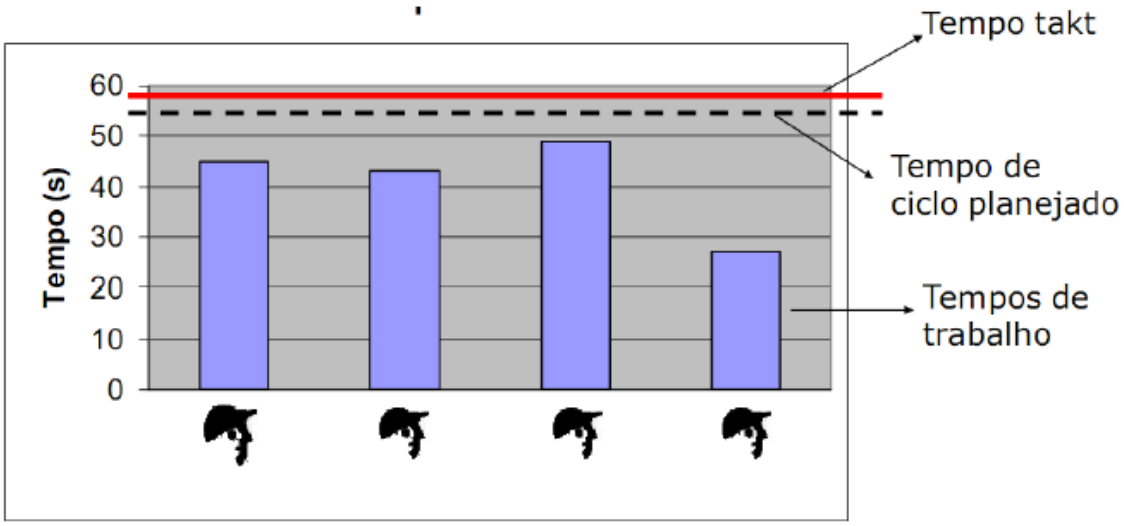

Figura 9: Modelo de Yamazumi
Fonte: Gomes *et al.* (2008).

Segundo Martins e Laugeni (1998), o balanceamento de linha de montagem consiste em distribuir e nivelar o tempo total das operações em relação ao tempo homem máquina, para as pessoas em seus respectivos postos de trabalho, porém é necessário que primeiramente determinar o tempo de ciclo (TC).

$$TC = \frac{Tempo_de_\text{Pr}odução}{Quantidade_de_peças_no_tempo_de_\text{Pr}odução} \quad (7)$$

$$Eficiência = \frac{Tc}{Takt_time} \quad (8)$$

O desempenho do processo produtivo pode ser determinado a partir da analise do *lead time* e do tempo de ciclo, normalmente o primeiro é maior que o segundo, devido aos tempos em que a produção fica parada. Com esta análise é possível fazer o agrupamento de processos com intuito de gerar fluxo continuo na produção, porém em lugares onde este fluxo contínuo não se estender deve-se utilizar supermercados, onde um estoque será mantido entre os processos,

porém este terá um lugar determinado e só será retirado pelo processo subseqüente quando necessário, desta maneira é possível controlar a produção (GOMES et al., 2008).

2.6 Aplicações do MFV

Albuquerque Neto *et al.* (2009) realizaram um estudo de caso em uma indústria de calçados localizada na cidade de Campina Grande no estado da Paraíba. Este foi realizado através de dados proporcionados por coleta de documentos operacionais da empresa e pesquisa bibliográfica, exames criteriosos dos documentos da empresa, observação do sistema de produção existente e também se utilizou de aplicação de entrevistas baseadas em um roteiro pré-definido a partir da fundamentação teórica. A indústria de calçados está no mercado desde 1949 produzindo calçados masculinos e a partir de 1969 também começou a produzir sandálias femininas, o que acarreta atualmente em uma demanda mensal de 23.000 pares por mês. A empresa possui 70 funcionários que trabalham em dois turnos de quatro horas, de segunda a sexta-feira. O estudo foi realizado na linha de botas de segurança, a qual possui um sistema manual e arcaico e sua produção se caracteriza por um processo de trabalho de natureza intensiva quanto à mão-de-obra e produção puxada. A produção diária é de aproximadamente 996 unidades, *lead-time* de 23,106 dias e as principais perdas ocorridas durante o processo é de matéria-prima e tempo quando o processo é interrompido devido quebra de máquinas. Com o MFV atual algumas situações futuras foram propostas para redução do *lead-time*, como: diminuição dos inventários, reduzir o tempo de *setup*, terceirizar o setor de embalagens, capacitar e treinar funcionários e minimizar o tempo de espera e os processos desnecessários. Com as propostas efetuadas o MFV futuro determina um *lead-time* de 12,035 dias.

Luz e Buiar (2004) realizaram um estudo de caso em uma montadora de produtos agrícolas, localizada no Paraná, com a realização do MFV atual pode-se observar que o fluxo de informação alimentava o fluxo de materiais o que ocasionava estoques intermediários o que necessitava da constante interferência dos supervisores, além de solução para este problema principal, outras ações foram propostas como: criar fluxo contínuo em determinados setores, determinar um setor como receptor da informação, fazer balanceamento e padronizar a linha, levantar os principais retrabalhos e treinar a linha de montagem. Fazendo a comparação dos mapas foi possível determinar a redução em alguns indicadores como: redução 25% *lead-time*, redução 40% tempo de processamento, velocidade três vezes maior na entrega e

recursos que se mantiveram iguais. Estes indicadores utilizados partiram da utilização de ferramentas do SPE, sendo *kanban* e produção puxada para o *lead-time*, fluxo contínuo e trabalho padrão para tempo de processamento e velocidade de entrega e nivelamento da produção para recursos.

Nogueira *et al* (2006) realizaram um estudo de caso em uma oficina mecânica de pequeno porte na região Sul do país, foram utilizadas abordagens quanti e qualitativa para identificar as principais perdas e problemas da empresa. A realização do MFV partiu de informações vindas de entrevistas, visitas semanais para avaliação de documentos internos e observação de trabalho e dos processos. Através do MFV atual, alguns princípios foram traçados e analisados, estes são: eliminação de desperdícios, zero defeitos, produção puxada, multifuncionalidade, descentralização de responsabilidades, sistema de verticalização da informação e melhoria contínua. Através da análise destes princípios algumas práticas foram implementadas para melhoria daqueles, porém foi proposto uma implementação em etapas de curto, médio e longo prazo de acordo com critérios de custos, grau de dificuldade das mudanças requeridas e competitividade do mercado. Com estas melhorias implementadas o MFV futuro determinado mostrou que as melhorias implementadas trouxeram resultados, a partir da análise dos princípios que foram determinados inicialmente.

3. DESENVOLVIMENTO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa que atua desde o ano 2000 no mercado de utensílios domésticos, fabricando produtos em alumínio repuxado e alumínio fundido. Em virtude da variabilidade do processo, de acordo com o produto a ser produzido, optou-se por avaliar, neste trabalho, somente um produto.

3.1 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa aplicada onde conceitos serão dirigidos para avaliação dos problemas, iniciando-se com uma pesquisa bibliográfica dos seguintes temas: Sistema de Produção Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor, Gráfico de Yamazumi, com o objetivo de construir uma base teórica para o desenvolvimento da proposta.

Este trabalho pode ser caracterizado como estudo de caso, baseado em uma pesquisa qualitativa e exploratória, cujos procedimentos que serão utilizados são: roteiro de pesquisa, entrevistas, questionários, planilhas de controle da produção e cronoanálise.

Com a análise dos resultados da pesquisa de campo será proposto/apresentado à empresa a avaliação realizada, apontando quais os pontos de desperdícios identificados que poderão posteriormente passar por um processo de melhoria, com a finalidade de reduzir ou eliminá-los por completo.

3.2. Contextualização

Para determinação do produto a ser analisado foi realizado um Gráfico de Pareto baseado na venda dos produtos do mix da empresa. Os dados para realizar o Gráfico de Pareto foram obtidos através das vendas realizadas no ano de 2010, como observado da Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Vendas 2010

PRODUTO	TAMANHO	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
CALDEIRÃO	16	47	60	62	75	70	61	54	87	51	29	62	658
CALDEIRÃO	18	47	73	61	83	64	58	68	97	70	62	47	730
CALDEIRÃO	20	46	52	51	50	50	35	50	68	56	57	60	575
CALDEIRÃO	22	26	35	27	71	41	22	20	31	36	40	44	393
FORMA DE BAURU		1	1	12	8	18	10	18	18	32	48	38	204
FRIGIDEIRA	20	51	71	58	86	69	54	118	105	39	133	65	849
FRIGIDEIRA	22	59	109	29	86	75	53	108	96	41	139	61	856
FRIGIDEIRA	24	55	50	38	66	63	54	96	105	30	121	84	762
FRIGIDEIRA	32	0	2	7	3	0	0	0	0	0	0	0	12
GENGISKAN 2 PEÇAS		19	61	29	47	31	48	62	56	76	132	122	683
GENGISKAN 3 PEÇAS		26	25	24	43	44	52	85	48	52	127	115	641
PANELA	16	53	133	108	161	194	258	416	314	360	465	311	2773
PANELA	18	190	271	225	341	273	353	627	488	455	709	426	4358
PANELA	20	247	320	254	375	296	347	752	489	507	744	462	4793
PANELA	22	233	292	240	358	281	322	631	442	499	724	448	4470
PANELA	24	213	255	194	279	240	259	524	397	440	610	374	3785
PANELA	26	150	156	116	138	79	81	150	111	111	126	157	1375
PANELA	28	152	135	100	134	76	66	114	88	82	129	121	1197
PANELA	30	151	87	99	106	84	50	96	84	78	139	123	1097
PANELA	32	48	23	8	18	31	20	32	67	79	128	80	534
PANELA	34	43	26	4	29	27	19	33	62	94	147	113	597
PANELA	36	24	7	11	10	8	8	13	12	12	32	19	156
PANELA	46	4	7	4	1	0	2	0	0	2	0	0	20
PANELA	50	0	7	3	0	0	2	0	0	0	0	0	12
PANELA	52	0	2	4	0	0	4	0	0	0	0	0	10
PICANHEIRA C/ PRENSA		2	13	20	8	15	27	12	19	6	25	11	158
PICANHEIRA S/ PRENSA		23	32	20	28	32	9	20	29	36	32	14	275
PIPOQUEIRA FUNDIDA	22	29	24	49	21	26	25	49	41	35	65	50	414
TACHO FUNDIDO	30	7	9	8	5	16	12	16	7	10	17	15	122
TACHO FUNDIDO	38	12	15	12	7	13	15	17	13	18	22	16	160
TACHO FUNDIDO	46	4	14	10	7	0	0	0	0	0	0	0	35

Fonte: Autor.

Por meio destes dados foi possível realizar uma análise para determinar qual o produto mais vendido no ano passado. Como não foi possível levantar dados a respeito do custo de produção de cada produto as classes determinadas no Gráfico de Pareto foram apenas estabelecidas baseadas em dados de vendas de produtos, como visto na Tabela 3.

Tabela 3: Classes de Pareto

PRODUTO	TAMANHO	MÉDIA MENSAL	ACUMULADO	% INDIVIDUAL	CLASSE
PANELA	20	399	399	15%	A
PANELA	22	373	772	28%	A
PANELA	18	363	1135	42%	A
PANELA	24	315	1451	53%	A
PANELA	16	231	1682	62%	A
PANELA	26	115	1796	66%	B
PANELA	28	100	1896	70%	B
PANELA	30	91	1987	73%	B
FRIGIDEIRA	22	71	2059	76%	B
FRIGIDEIRA	20	71	2129	78%	B
FRIGIDEIRA	24	64	2193	80%	B
CALDEIRÃO	18	61	2254	83%	C
GENGISKAN 2 PEÇAS		57	2311	85%	C
CALDEIRÃO	16	55	2366	87%	C
GENGISKAN 3 PEÇAS		53	2419	89%	C
PANELA	34	50	2469	91%	C
CALDEIRÃO	20	48	2517	92%	C
PANELA	32	45	2561	94%	C
PIPOQUEIRA FUNDIDA	22	35	2596	95%	C
CALDEIRÃO	22	33	2628	96%	C
PICANHEIRA S/ PRENSA		23	2651	97%	C
FORMA DE BAURU		17	2668	98%	C
TACHO FUNDIDO	38	13	2682	98%	C
PICANHEIRA C/ PRENSA		13	2695	99%	C
PANELA	36	13	2708	99%	C
TACHO FUNDIDO	30	10	2718	100%	C
TACHO FUNDIDO	46	3	2721	100%	C
PANELA	46	2	2723	100%	C
FRIGIDEIRA	32	1	2724	100%	C
PANELA	50	1	2725	100%	C
PANELA	52	1	2725	100%	C
TOTAL		2725			

Fonte: Autor.

Assim, foi possível realizar o Gráfico de Pareto, Figura 10, e foi estabelecido que o produto a ser estudado fosse a Panela 20, Figura 11.

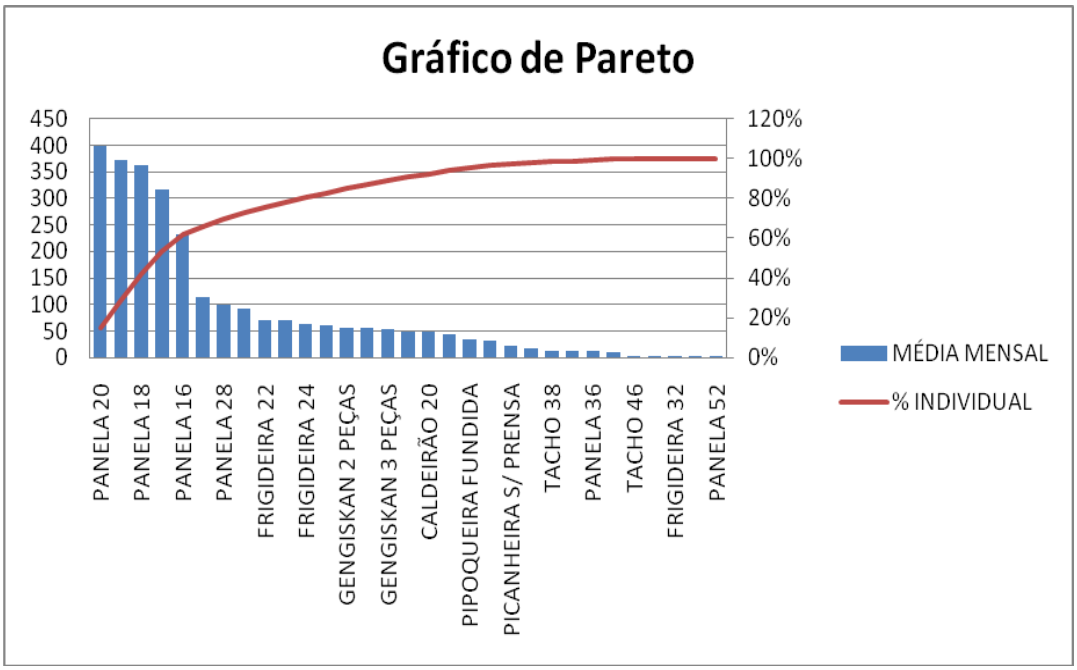

Figura 10: Gráfico de Pareto
Fonte: Autor.

O produto, foco deste artigo, tem como principal matéria-prima o alumínio proveniente de sucatas de diversos tipos e suas características são: 212,87dm de raio externo, 200,73dm de raio interno, 12,13dm de espessura, 92,30dm de altura interna e 95,90dm de altura externa. O produto passa por diversos processos, onde o seu peso se inicia com 1,828kg e após seu beneficiamento termina em 0,954kg. No produto estudado, além da panela, a tampa correspondente também acompanha o produto final, por isso esta também foi estudada. A principal matéria-prima desta também é o alumínio, esta começa pesando 0,843kg e após o seu beneficiamento pesa 0,422kg.

Figura 11: Panela 20

Atualmente, esta empresa trabalha com uma equipe de 27 funcionários, sendo 8 na área administrativa e 19 na área de produção, como observado na Figura 12; estes últimos trabalham em um único turno de oito horas diárias, de segunda à sexta-feira. Os pedidos dos clientes chegam até a empresa, através de e-mails, telefonemas, mas em sua maioria chegam por meio dos vendedores que repassam para o departamento de vendas para analisar os pedidos, toda sexta ou segunda-feira. Após o pedido passar pela aprovação do departamento de vendas este segue para o chão de fábrica, onde todos os pedidos são executados juntamente e não existe nenhum tipo de nivelamento de produção no momento. Os pedidos de matéria prima são realizados pelo departamento de compras, as quais são requisitadas apenas quando não existentes em estoque. A produção é finalizada quando a carga é fechada e os caminhões saem para fazer entrega o que acontece, normalmente, as sextas-feiras.

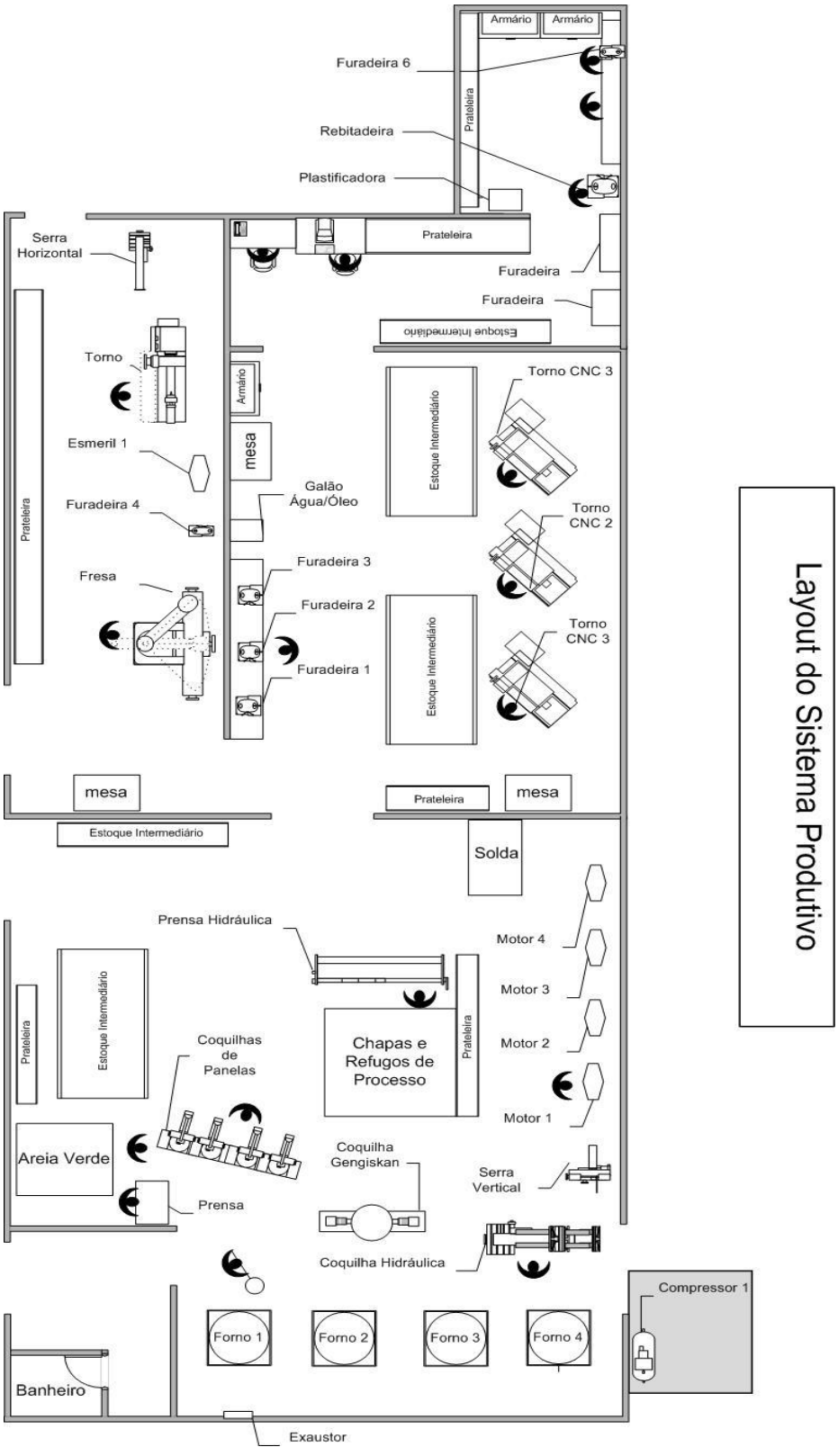

Figura 12: Layout do Sistema Produtivo
Fonte: Autor.

3.2 Fluxograma do Processo Produtivo

Durante as visitas à empresa realizou-se um levantamento de dados relativos ao produto. O primeiro procedimento realizado foi obter informações sobre as etapas do processo produtivo para a elaboração de um fluxograma, conforme Figura 13.

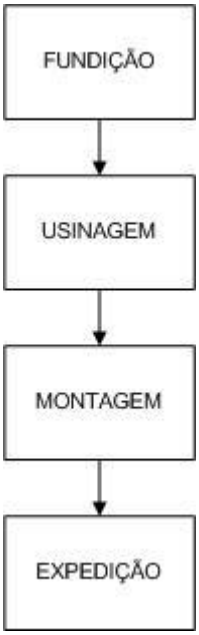

Figura 13: Fluxograma Geral do Processo Produtivo
Fonte: Autor.

Na Figura 13 estão definidos os macroprocessos pelos quais tanto a panela quanto a tampa passam durante o processo de produção; a saber: fundição, onde ocorre a produção do produto bruto; usinagem, onde são retirados do produto bruto todos os excessos de alumínio e usinado de acordo com o desejado; montagem, onde o produto se caracteriza de diversas maneiras, pois lhe é adicionado outros componentes e após esta etapa o produto vai aguardar sua expedição.

Dentro dos macroprocessos ocorrem diversos processos menores. O próximo passo foi estabelecer um fluxograma para cada macroprocesso.

O primeiro fluxograma é o da fundição Figura 14. Na etapa da fundição três processos começam a ocorrer simultaneamente. Primeiro, um funcionário fica responsável por colocar o alumínio para derreter no dia anterior e, logo pela manhã começar a preparar o alumínio para este estar apto para o processo; enquanto este funcionário está preparando o alumínio, outros

dois ou três ficam responsáveis por preparar a areia verde, que é o processo mais demorado, pois esta tem que ser peneirada manualmente; enquanto isso, outro funcionário fica responsável por colocar as conquilhas para aquecer.

A produção começa após estes processos serem realizados. Primeiramente um funcionário coloca a areia nos moldes e prensa este com uma prensa pneumática; outro funcionário coloca os moldes na conquilha e fica responsável por manuseá-la durante todo o processo; outro funcionário fica responsável por pegar o alumínio e encher os moldes, após os moldes serem preenchidos; espera-se um tempo para que o alumínio fique no ponto ideal para ai sim fazer a retirada do canal e remover a panela. Nesta etapa da fundição a panela é disposta no chão para que esfrie e, posteriormente, vai para um palet.

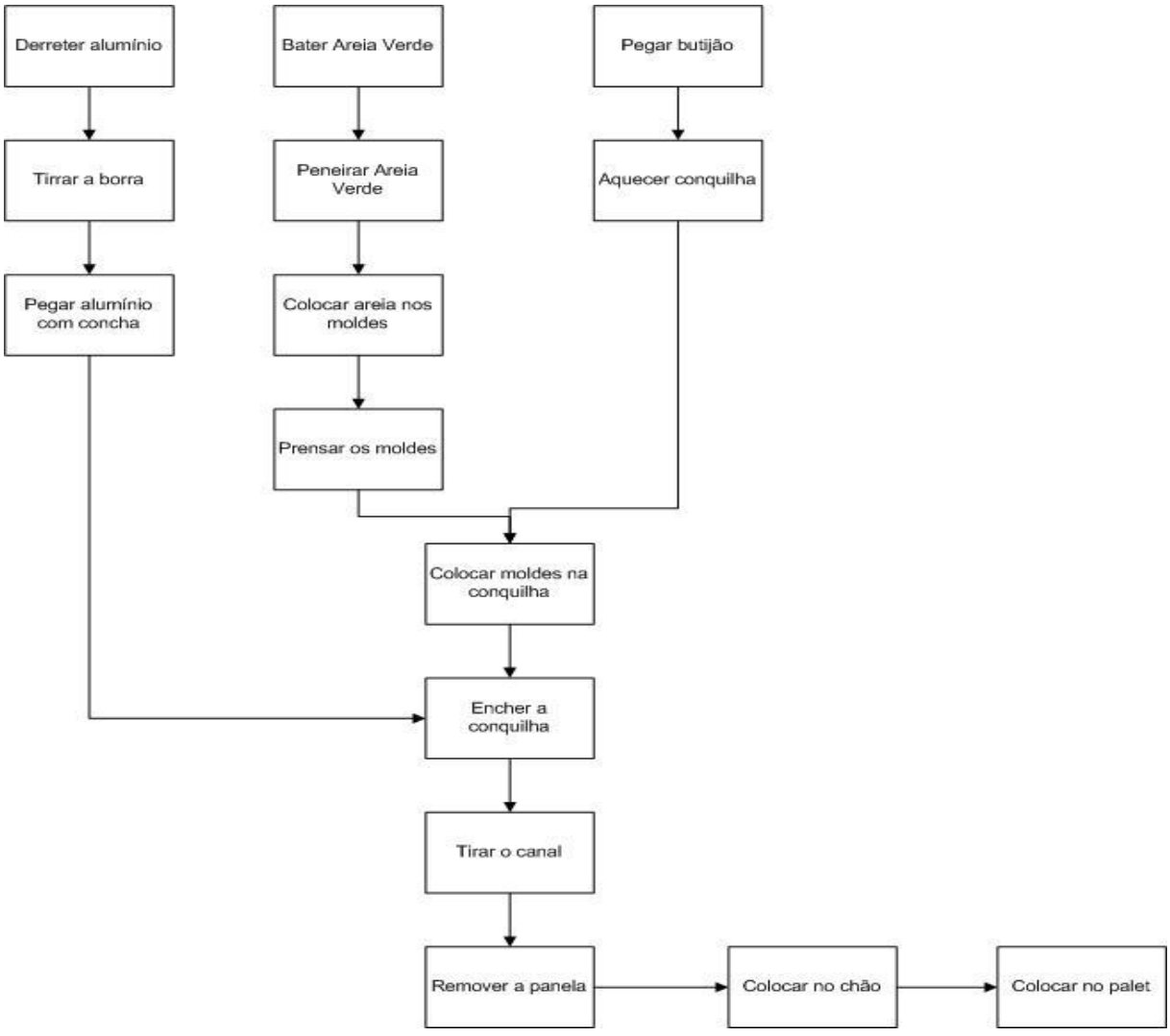

Figura 14: Fluxograma Fundição

Fonte: Autor.

O processo de fundição da tampa se diferencia um pouco do da panela, como apresentado na Figura 15. Isso acontece, pois a conquilha de tampas não precisa do molde com areia verde, assim o seu processo é mais rápido do que o da panela. Nesta etapa, a retirada do canal da tampa é feita na serra fita, porém todo o resto ocorre da mesma forma.

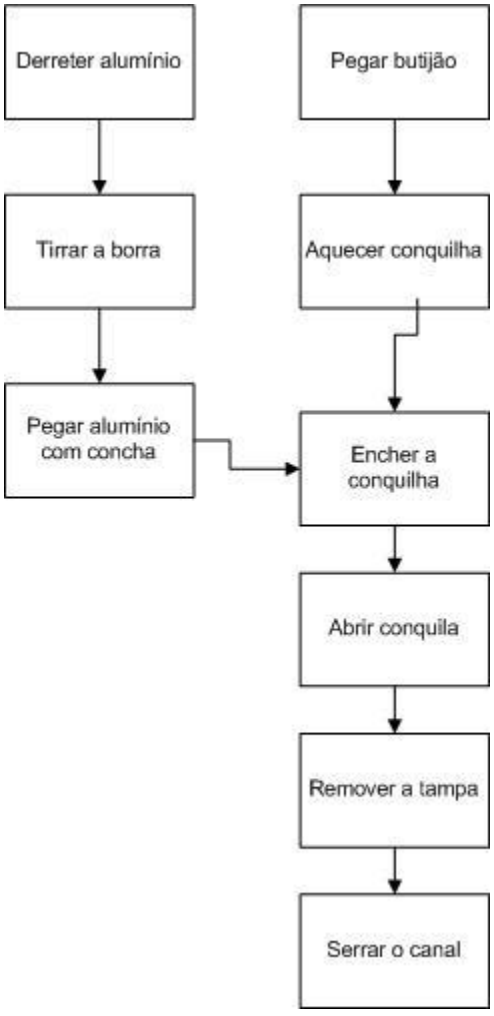

Figura 15: Fluxograma Fundição – Tampa

Fonte: Autor.

O próximo macroprocesso Usinagem, é o mesmo tanto para tampa quanto para panela, por meio da Figura 16, é possível observar os dois processos que ocorrem no setor da usinagem, a usinagem interna e a usinagem externa. Na usinagem interna a pilha montada sobre o palet é transferida para o setor e algumas panelas/tampas são colocadas sobre a bancada, assim é feito o processo de usinagem interna. Após as panela/tampas serem usinadas internamente estas são

dispostas no setor através de pilhas para que posteriormente sejam usinadas externamente. Desta maneira, a usinagem externa acontece da mesma forma, e as panelas/tampas prontas para serem montadas ficam dispostas em outra aérea determinada do setor.

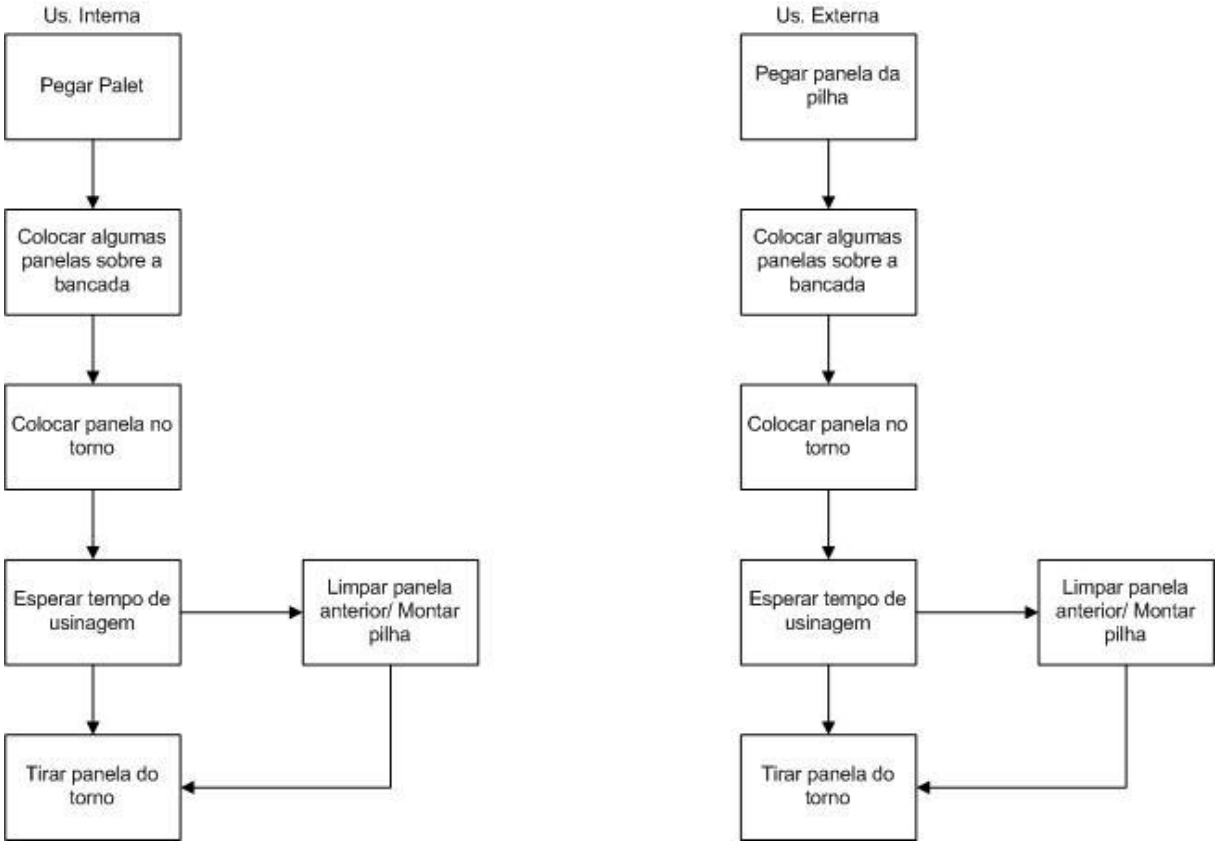

Figura 16: Fluxograma Usinagem

Fonte: Autor.

O processo de montagem acontece para a tampa e a panela simultaneamente, como pode ser observado na Figura 17. Na panela os processos consistem em furação e a prega de alça ou cabo e na tampa os processos são a furação da tampa e pregação do pomel na tampa. Ambas são limpas com estopa e na panela também é adicionada uma etiqueta de identificação. Por fim, monta-se o jogo, panela e tampa, plastifica-o e encaminha-se para a expedição.

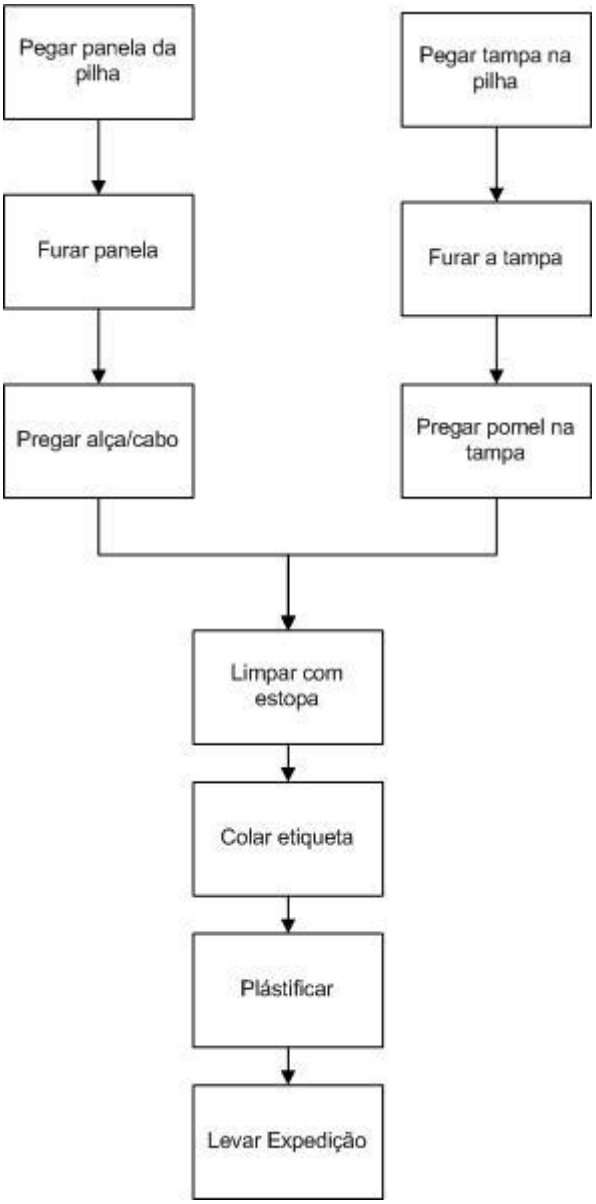

Figura 17: Fluxograma Montagem

Fonte: Autor.

O macroprocesso de expedição é o mais simples de todos os outros. Os funcionários responsáveis por este setor apenas separam as cargas e as embalam para que possam ser expedidas.

3.3 Estudo dos Tempos

Após o estudo dos processos, realizou-se um estudo dos tempos de produção com auxílio de um cronômetro. O primeiro processo a ser cronometrado foi Fundição, onde é realizado o

enchimento das conquilhas. O fator de fadiga deste ambiente foi determinado em 15% devido ao fato de o ambiente de trabalho ter elevada temperatura devido aos fornos, além de outros fatores como ir ao banheiro, beber água, iluminação, umidade que também foram considerados. O fator velocidade foi determinado a partir da experiência do funcionário na função em que ele exercia e a sua habilidade para realizar as tarefas.

Como o processo de fundição começa a partir da fusão da sucata de alumínio, todo dia no final do expediente os funcionários devem alimentar os fornos com as sucatas, já prensadas, para que durante a noite esta fique passando pelo processo de fusão e na manhã do dia seguinte esteja preparada para ser utilizada.

O expediente no setor de fundição começa com os funcionários fazendo a preparação dos materiais para começar a produção, assim leva-se o tempo de pegar o butijão de gás e o tempo de aquecer a conquilha da Panela 20, Tabela 4.

Tabela 4: Tempo preparação fundição.

Produto: Panela 20	
Operador: Saulo	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,15
Pegar butijão (min)	3:09:71
	3:10:14
	3:12:41
	4:01:41
	3:28:76
Média	03:32:49
Aquecer conquilha (min)	58:54:63
	54:27:34
	57:38:76
	56:18:54
	55:45:63
Média	56:36:98
Tempo Selecionado (min)	60:01:49
Tempo Normal (min)	60:06:99
Tempo Padrão (min)	**65:21:64**

Fonte: Autor.

Nesta preparação o operador pode levar cerca de 1 hora, enquanto um operador fica responsável por este processo outros três são responsáveis pela preparação da areia verde e os outros colaboradores que restaram deste setor fazem tarefas que não correspondem ao produto em estudo. A preparação da areia verde é um processo de preparação que acontece conjuntamente com o de preparação da conquilha e sendo seus tempos também determinados, como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5: Tempo preparação areia verde.

Produto: Panela 20	
Operador: José, Arnaldo, Ademir.	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,15
Bater areia (min)	30:29:86
	27:39:84
	25:49:18
	27:32:41
	28:01:32
Média	28:10:52
Peneirar areia (min)	30:57:39
	30:21:76
	31:42:49
	30:54:67
	32:01:23
Média	31:35:50
Tempo Selecionado (min)	59:06:03
Tempo Normal (min)	56:12:72
Tempo Padrão (min)	**64:08:64**

Fonte: Autor.

Assim, o tempo padrão de preparação da areia verde é também de aproximadamente 1 hora. Após esta preparação toda ser feita é onde começa realmente a produção da Panela 20, onde acontecem todos os posteriores processos até chegar ao processo onde a Panela 20 já foi fabricada e esta é colocada no palet para aguardar o próximo processo. Desta maneira os tempos determinados para estes processos, seguem na Tabela 6.

Tabela 6: Tempo molde Panela 20.

Produto: Panela 20	
Operador: José, Arnaldo.	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,15
Encher molde (s)	00:15:00
	00:16:42
	00:15:39
	00:15:73
	00:15:84
Média	00:15:67
Prensar molde (s)	00:04:56
	00:04:32
	00:05:01
	00:04:71
	00:04:89
Média	00:04:69
Tempo de espera (min)	5:02:47
	5:09:76
	5:39:21
	5:29:35
	5:01:78
Média	5:16:51
Tempo Selecionado (min)	5:36:88
Tempo Normal (min)	5:10:04
Tempo Padrão (min)	**6:26:55**

Fonte: Autor.

O primeiro tempo é o de realizar o processo de preparação do molde, este processo leva cerca de 6 minutos e ele antecede o processo de envase. O próximo processo é um ciclo que começa desde pegar o alumínio no forno até a Panela 20 sair pronta e ir para o palet.

Tabela 7: Tempo fundição Panela 20.

Produto: Panela 20	
Operador: Saulo, Ademir, João.	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,15
Pegar Alumínio (s)	00:10:66
	00:11:34
	00:10:76
	00:09:85
	00:11:26
Média	00:10:74
Encher conquilha (s)	00:17:19
	00:18:73
	00:17:89
	00:17:29
	00:17:45
Média	00:17:71
Tempo de espera (min)	2:10:90
	2:56:20
	2:10:89
	2:12:59
	2:58:23
Média	2:29:76
Deixar na terra (min)	6:02:25
	6:39:12
	5:52:61
	6:51:27
	6:02:51
Média	6:09:55
Colocar no Palet (min)	00:14:91
	00:14:87
	00:15:03
	00:14:63
	00:14:26
Média	00:14:74
Tempo Selecionado (min)	9:22:54
Tempo Normal (min)	9:16:41
Tempo Padrão (min)	**10:07:87**

Fonte: Autor.

No macroprocesso Fundição também são realizados os processos para a produção da Tampa 20, os dois primeiros processos de fundição da Tampa 20, pegar butijão e aquecer conquilhas, são realizados juntamente com o mesmo processo para Panela 20, por isso os tempos são os mesmos. No entanto, nos próximos processos se diferenciam assim os tempos para produção da Tampa 20 da Fundição foram determinados como mostrados Tabela 8.

Tabela 8: Tempo fundição Tampa 20.

Produto: Tampa -20	
Operador: Saulo	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,15
Pegar Alumínio (s)	00:18:29
	00:13:78
	00:15:50
	00;15:79
	00:19:75
Média	00:16:62
Encher conq. (s)	00:12:00
	00:09:70
	00:12:16
	00:14:53
	00:11:97
Média	00:12:07
Tempo de espera (s)	00:18:78
	00:19:10
	00:15:56
	00:18:50
	00:17:60
Média	00:17:90
Abrir conq. (s)	00:13:12
	00:16:59
	00:14:88
	00:14:63
	00:13:78
Média	00:14:60
Serrar canal (s)	00:08:09
	00:07:78
	00:07:38
	00:09:97
	00:07:93
Média	00:08:23
Tempo Selecionado (min)	1:09:43
Tempo Normal (min)	1:05:96
Tempo Padrão (min)	**1:15:85**

Fonte: Autor.

Assim, temos o tempo que a Tampa 20 demora a sair do processo de Fundição para o próximo processo corresponde a cerca de 1 minuto.

Desta forma, o primeiro macroprocesso, Fundição, é finalizado e o posterior é o macroprocesso de Usinagem, onde é retirado do produto o excesso de alumínio. O fator de fadiga deste ambiente foi determinado em 12% para a usinagem interna, pelo fato deles terem que se deslocar até ao outro setor para pegar o palet com o produto e de 10% para usinagem externa e também por não terem que transferir o palet de um setor para o outro. Além disso, outros fatores como ir ao banheiro, beber água, iluminação, ruído, umidade foram considerados. O fator Velocidade foi determinado a partir da experiência do funcionário naquela função e sua habilidade para realizar as tarefas.

Assim, para a Panela 20, foram determinados os seguintes tempos em minutos para usinagem interna e externa.

Tabela 9: Usinagem interna Panela 20.

Produto: Panela 20	
Operador: Rogério	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,12
Colocar máquina (s)	00:07:21
	00:05:41
	00:05:76
	00:04:89
	00:05:76
Média (s)	00:05:80
Tempo Usinagem (min)	1:09:89
	1:03:76
	1:10:43
	1:11:32
	1:10:98
Média (min)	1:09:27
Tirar panela (s)	00:04:43
	00:04:23
	00:05:19
	00:05:20
	00:05:43
Média (s)	00:04:89
Tempo Selecionado (min)	1:19:97
Tempo Normal (min)	1:13:97
Tempo Padrão (min)	**1:27:65**
Tempo Homem (s)	00:10:69
Tempo Máquina (min)	1:09:27

Fonte: Autor.

Como neste macroprocesso contou-se com auxilio de máquinas, o tempo homem e o tempo máquina foram separados. Tem-se assim que para a usinagem interna da Panela 20 o tempo máquina é de 1:09:27 minutos e o tempo homem de apenas 00:10:69 segundos.

Tabela 10: Usinagem externa Panela 20.

Produto: Panela 20	
Operador: Paulo	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,1
Colocar máquina (s)	00:04:50
	00:05:13
	00:05:91
	00:05:92
	00:05:47
Média (s)	00:05:38
Tempo Usinagem (s)	00:54:25
	00:54:00
	00:54:49
	00:55:08
	00:52:51
Média (s)	00:54:06
Tirar panela (s)	00:03:51
	00:03:47
	00:04:00
	00:03:20
	00:04:20
Média (s)	00:03:67
Tempo Selecionado (min)	1:03:14
Tempo Normal (s)	00:59:98
Tempo Padrão (min)	**1:05:96**
Tempo Homem (s)	00:09:06
Tempo Máquina (s)	00:54:06

Fonte: Autor.

O tempo para usinagem externa já decai em relação ao de usinagem interna, assim tem-se que o tempo homem é de 00:09:06 segundos e o tempo máquina é de 00:54:06 segundo, determinando um tempo padrão final de 1:05:96 minutos. Para Tampa 20 também foi determinado seu tempo padrão em minutos de usinagem.

Tabela 11: Usinagem interna Tampa 20.

Produto: Tampa 20	
Operador: Rogério	
Responsável: Ariane	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,12
Colocar máquina (s)	00:11:30
	00:08:57
	00:09:25
	00:08:31
	00:08:47
Média (s)	00:09:18
Tempo Usinagem (s)	00:39:75
	00:38:53
	00:39:10
	00:39:03
	00:38:40
Média (s)	00:38:96
Tirar panela (s)	00:02:68
	00:03:09
	00:03:00
	00:02:97
	00:02:72
Média (s)	00:02:89
Tempo Selecionado (s)	00:51:03
Tempo Normal (s)	00:48:48
Tempo Padrão (s)	**00:54:30**
Tempo Homem (s)	00:12:07
Tempo Máquina (s)	00:38:96

Fonte: Autor.

Para tampa o tempo de usinagem já se apresenta inferior, sendo o tempo homem de 00:12:07 segundos e o tempo máquina de 00:38:96 segundos.

Tabela 12: Usinagem externa Tampa 20.

Produto: Tampa 20	
Operador: Rogério	
Responsável: Ariane 03-06-11	
Velocidade	95%
Fator de Fadiga	1,1
Colocar máquina (s)	00:03:01
	00:04:91
	00:04:71
	00:03:88
	00:03:47
Média (s)	00:04:34
Tempo Usinagem (s)	00;39:75
	00:38:54
	00:37:78
	00:39:12
	00:39:38
Média (s)	00:38:91
Tirar panela (s)	00:02:72
	00:03:10
	00:03:56
	00:03:03
	00:03:62
Média (s)	00:03:20
Tempo Selecionado (s)	00:46:46
Tempo Normal (s)	00:44:14
Tempo Padrão (s)	**00:48:55**
Tempo Homem (s)	00:07:55
Tempo Máquina (s)	00:38:91

Fonte: Autor.

O tempo padrão da usinagem externa da tampa é de 00:48:55 segundos, sendo deste 00:07:55 segundos tempo homem e 00:38:91 segundos tempo máquina.

O último macroprocesso cronometrado foi o de Montagem. Neste se encontram os processos finais de produção do conjunto Panela 20 e Tampa 20 que se iniciam na furagem de tampas e panelas e terminam com o produto embalado. O fator de fadiga deste ambiente foi determinado em 5% para a usinagem interna, pelo fato de ser um ambiente com boa

iluminação, porém sem muita ventilação. Além disso, outros fatores como ir ao banheiro, beber água, iluminação, ruído, umidade foram considerados. O fator Velocidade foi determinado a partir da experiência do funcionário naquela função e sua habilidade para realizar as tarefas.

Assim, os tempos foram tirados para que fosse possível terminar a realização do estudo de tempos, começando pelas atividades que acontecem conjuntamente, furação da panela e da tampa, como observado nas Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13: Tempo furação/pregação Panela 20.

Produto: Panela		
Operador: José		
Responsável: Ariane		
Velocidade		95%
Fator de Fadiga		1,05
Pegar Panela (s)		00:35:87
		00:33:56
		00:34:89
		00:37:28
		00:35:78
	Média (s)	00:35:48
Furar Panela (s)		00:07:37
		00:07:89
		00:09:94
		00:10:56
		00:08:43
	Média (s)	00:08:84
Pregar Alça (s)		00:44:00
		00:38:72
		00:51:72
		00:49:65
		00:47:32
	Média (s)	00:46:28
Tempo Selecionado (min)		1:30:60
Tempo Normal (min)		1:26:06
Tempo Padrão (min)		**1:30:36**

Fonte: Autor.

Comparando o Mapeamento do Fluxo de Valor – Atual (Figura 18) com o Mapeamento do Fluxo de Valor – Futuro (Figura 19) é possível visualizar uma redução no *Lead Time* de 37 para 14 dias. Esta redução é possível devido aos fatores de melhorias como, acordo com fornecedores fez com quem a chegada de matéria-prima fosse reduzida de 10 dias para dois dias, a terceirização de entregas de cargas pequenas o que pode reduzir em um dia o tempo de expedição e principalmente a realização da programação da produção, o que ocasionar uma redução de 17 dias no total de todo processo produtivo.

Além dessas melhorias que foram propostas, outras podem ser sugeridas através da análise do Mapeamento do Fluxo de Valor – Atual com o auxílio da ferramenta Yamazumi. Por meio da Figura 18 é possível observar que o tempo em que o produto passa por um processo de agregação de valor é muito pequeno em relação ao seu tempo gasto para produção. A explicação desta grande diferença é de que o fato do processo produtivo ser em ilhas isoladas ocorre o que é chamado de produção empurrada, o que gera material parado entre os processos, gerando desperdícios de movimentação e super produção. A ferramenta de Yamazumi é possível analisar as tarefas que cada um dos operadores deve absorver para que o ritmo de trabalho fique o mais próximo do *takt time* calculado.

O *takt time* auxilia a visualização de como o processo deveria produzir e o que fazer para ele ser melhorado. Sabe-se que o tempo de produção na indústria analisada é de 8h por dia e sabendo que apenas 90% do tempo é produtivo sendo os outros 10% destinados a paradas para ir ao banheiro, beber água, etc. Para o produto em estudo a demanda do cliente é de 20 panelas/dia, esta foi calculada para cerca de 20 dias trabalhados no mês. Assim, através da Equação 3 podemos determinar o *takt time* da produção, conforme segue.

$$Takt_time = \frac{8 \times 60 \times 0{,}9}{20} \cong 22 \min utos_por_panela$$

Por meio do balanceamento da linha de produção é possível nivelar o tempo total das operações, para os colaboradores e seus postos de trabalho. Com o auxílio do Gráfico de Yamazumi é possível visualizar como os recursos podem ser melhores utilizados com intuito de reduzir os desperdícios.

Tabela 17: Tempo de Ciclo e *Takt time* - Panela 20

Processo	TC de 1 Panela (em minutos)	Takt Time (em minutos)
Preparação Areia/ Preparação Fundição	65,00	**22**
Envase Tampa	0,43	
Us. Tampa Interna	0,92	
Us. Tampa Externa	0,82	
Furação Tampa	0,43	
Preparação Molde	6,43	
Envase Panela	10,12	
Us. Panela Interna	1,45	
Us. Panela Externa	1,08	
Furação Panela	1,50	
Limpeza	0,33	
TOTAL	**88,52**	

Fonte: Autor.

Pela Tabela 17 é possível observar que o tempo de ciclo dos processos é bem inferior ao *takt - time*, isso se deve, pois existe uma baixa eficiência na utilização dos colaboradores, o que gera desperdícios na produção.

O primeiro processo, Preparação Areia e Preparação Fundição, apresenta um tempo de ciclo maior do que o *takt time* determinado, sendo assim o processo não necessita de uma avaliação utilizando-se do Gráfico de Yamazumi. Por mais que esses processos não precisem ser avaliados devido ao *takt time*, propõe-se uma melhor utilização dos colaboradores nos processos relatados acima, de tal forma que a preparação da areia e da fundição fossem feitas em um turno anterior da produção em si. Assim, quando os colaboradores do próximo turno chegassem estes processos já estariam prontos, podendo de fato dar início à produção, sem a necessidade de realizar o processo de preparo. Devido a este fato, este processo não será incluído no Gráfico de Yamazumi, Figura 20. Por meio deste gráfico também é possível identificar que o processo mais demorado é o de Envase da panela, podendo assim ser considerado como o gargalo da produção.

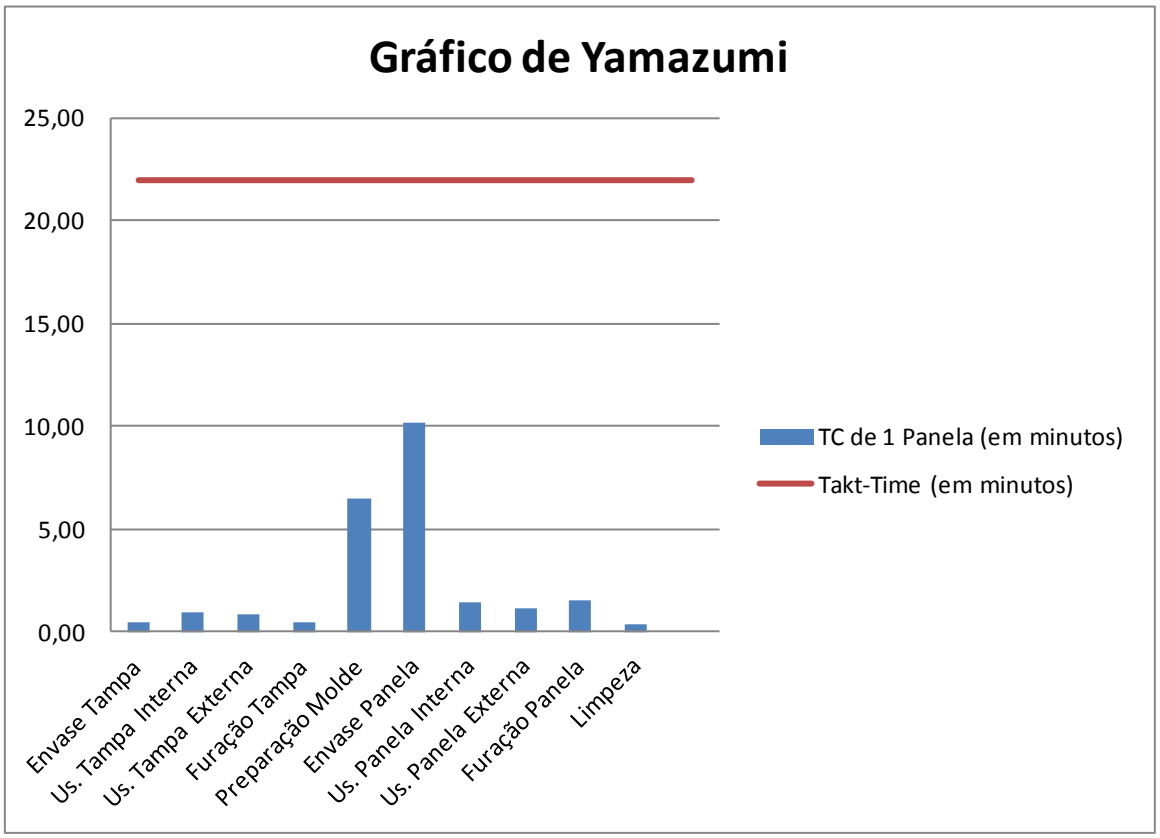

Figura 20: Gráfico de Yamazumi - Panela 20.
Fonte: Autor.

Se o tempo de valor agregado obedecesse ao *takt time* a produção de uma Panela 20 iria acontecer em aproximadamente 22 minutos, de acordo com o cálculo feito para o *takt time*, sendo este tempo muito menor do que o tempo de ciclo do produto determinado pelo Mapeamento do Fluxo de Valor, que é aproximadamente 88 minutos. Se o processo ocorresse de acordo com o *takt time* determinado resultaria em uma redução dos custos da produção e melhor satisfação do cliente devido à maior agilidade do processo produtivo.

A baixa eficiência dos processos foi calculada pela Equação 8, e demonstrada na Figura 21.

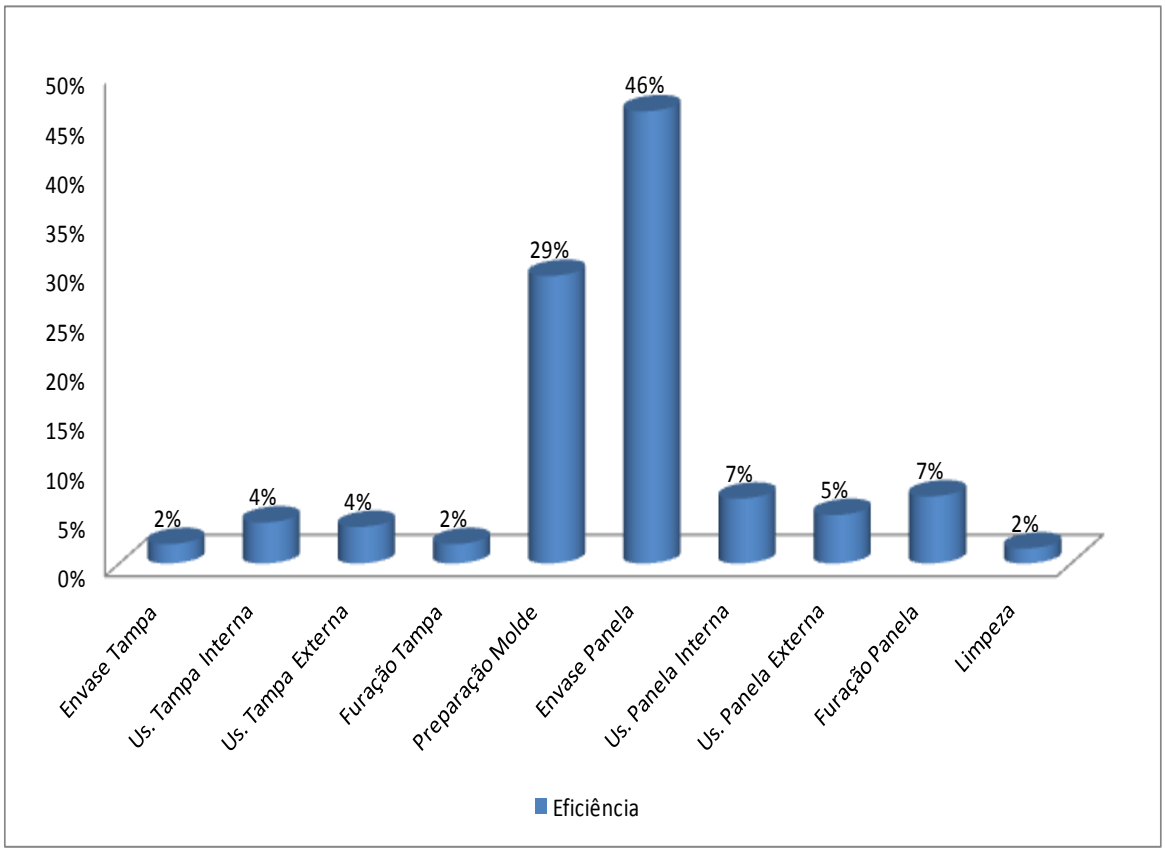

Figura 21: Eficiência dos processos em relação ao *Takt time*.

Fonte: Autor.

Com objetivo de reduzir o tempo de produção é possível fazer agrupamento de alguns processos, formando assim células de trabalho e desta maneira somando os tempos de ciclo de produção desses processos agrupados o tempo de ciclo terá um valor mais próximo ao *takt time* determinado.

Na Figura 22 é possível visualizar quais os processos que poderiam se agrupar para que assim o tempo de ciclo fosse alterado, tem-se como exemplo as usinagens interna e externa, tanto da tampa quanto da panela, que são feitas separadamente podem ser agrupadas formando assim um único processo.

Processo	Agrupados
Envase Tampa	Envase Tampa
Us. Tampa Interna	Us. Tampa Interna/ Us.
Us. Tampa Externa	
Preparação Molde	Preparação Molde/ Envase
Envase Panela	
Us. Panela Interna	Us. Panela Interna/Us.
Us. Panela Externa	
Furação Tampa	Furação Tampa/Furação Panela/Limpeza
Furação Panela	
Limpeza	

Figura 22: Agrupamento dos processos

Fonte: Autor.

Desta maneira, com os processos agrupados foi possível realizar um novo Gráfico de Yamazumi para que seja avaliado o tempo de ciclo dos novos processos.

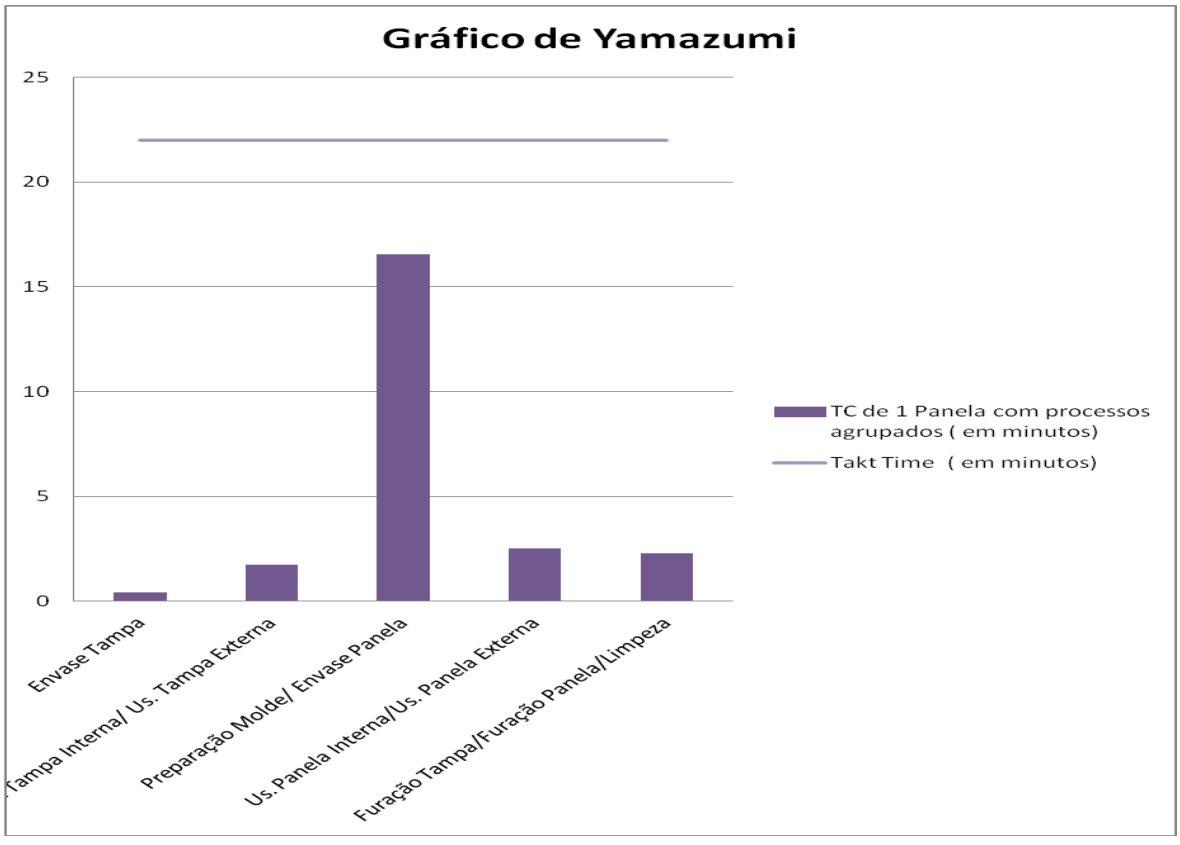

Figura 23: Gráfico de Yamazumi para Processos Agrupados.
Fonte: Autor.

Observando a diferença entre a Figura 20 e a Figura 23 foi possível observar que o agrupamento de alguns processos elevou o tempo de ciclo, porém devido alguns limitações do

processo produtivo, não são muitos processos que podem ser agrupados, fazendo com que o tempo de ciclo não se aproxime muito do *takt time* na maioria dos casos.

Assim com a alteração no tempo de ciclo dos processos, agora agrupados, altera-se também a eficiência de cada um, como observado na Figura 24.

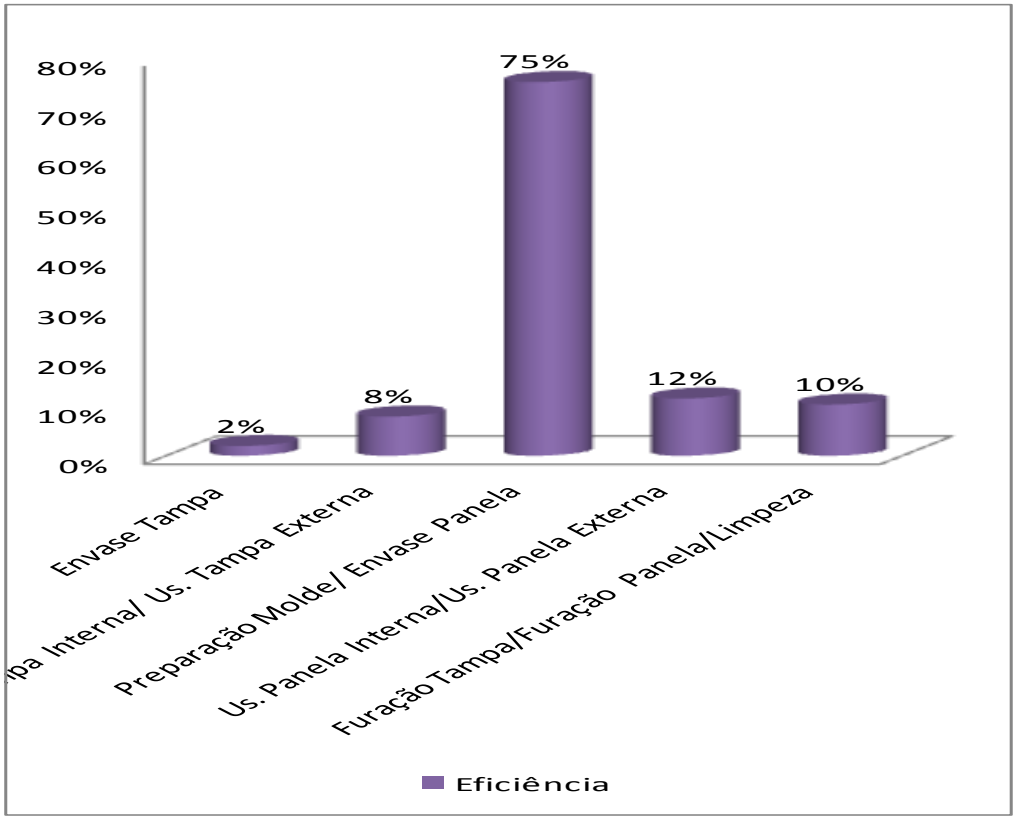

Figura 24: Eficiência dos processos agrupados em relação ao *Takt time*.
Fonte: Autor.

Apesar da eficiência não ter aumentado significativamente, o agrupamento de processos faz com que perdas ocorridas entre estes sejam eliminadas, fazendo com que o *lead-time* de produção diminua. Pode-se observar na Tabela 18 como fica o tempo de ciclo com o agrupamento dos processos.

Tabela 18: Processos agrupados.

Processo	TC de 1 Panela (em minutos)	TC de 1 Panela com processos agrupados (em minutos)	Takt Time (em minutos)
Envase Tampa	0,43	0,43	**22**
Us. Tampa Interna	0,92	1,73	
Us. Tampa Externa	0,82		
Preparação Molde	6,43	16,55	
Envase Panela	10,12		
Us. Panela Interna	1,45	2,53	
Us. Panela Externa	1,08		
Furação Tampa	0,43	2,27	
Furação Panela	1,50		
Limpeza	0,33		
TOTAL	**23,52**	**23,52**	

Fonte: Autor.

No caso dos processos que não foram agrupados por não serem capazes de criar um fluxo contínuo, tem-se a possibilidade de fazer a utilização de supermercados para que a produção seja controlada e o estoque mantido em processo não ultrapasse o determinado. Desta maneira, com a utilização de supermercados o estoque deverá se dispor em lugares determinados e só será retirado quando for de necessidade do processo subseqüente.

Agora com esta nova análise dos processos produtivo através do Gráfico de Yamazumi o Mapeamento do Fluxo de Valor – Futuro sofrerá alterações, como mostrado na Figura 25.

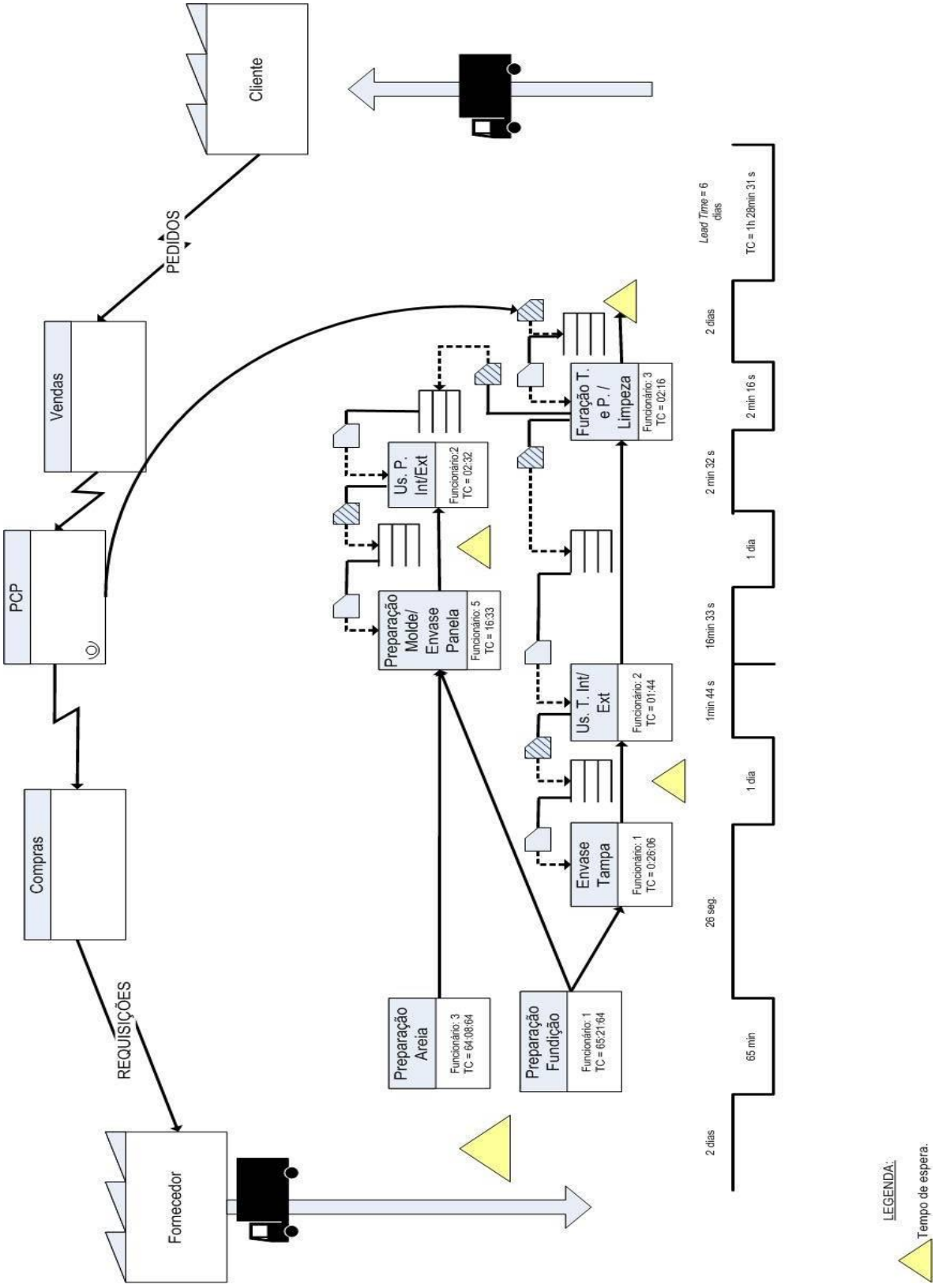

Figura 25: Mapeamento do Fluxo de Valor - Futuro - Processos Agrupados

Fonte: Autor.

Comparando o Mapeamento do Fluxo de Valor – Futuro (Figura 19) com o Mapeamento do Fluxo de Valor – Futuro – Processos Agrupados (Figura 25) é possível visualizar uma redução no *lead time* de14 para 6 dias. Esta redução foi possível devido ao agrupamento dos processos e também pelo fato de se considerar o Planejamento de Controle da Produção (PCP) uma melhoria sugerida no MFV-Atual como implantada. Neste cenário seria possível a utilização do sistema *kanban*, que neste caso tem como processo puxador a Furação de tampa/panela e Limpeza.

O PCP deve ser responsável por acionar os cartões de retirada do supermercado para expedição; quando são acionados a expedição retira as peças prontas do supermercado para entregá-las aos clientes e é seguidamente liberado um cartão *kanban* de produção para o processo de Furação de tampa/panela e Limpeza. Porém, para que este processo aconteça é necessário que ocorra a retirada das peças dos supermercados antecedentes. Com essa retirada, os cartões *kanbans* de produção são liberados. Este ciclo de retirada de produtos e liberação de *kanban* de produção ocorre em toda cadeia produtiva, partindo da direita para esquerda quando observado no MFV - Futuro, até chegar ao primeiro processo.

As mudanças sugeridas a partir da análise do Mapeamento do Fluxo de Valor – Atual e conjuntamente com a ferramenta de Yamazumi, é possível observar a redução no *lead time* de produção, como demonstrado na Tabela 19.

Tabela 19: Redução *Lead Time* de Produção.

	Tempo de Valor Agregado (em minutos)	**Lead Time da Produção (em dias)**
Mapa de Fluxo de Valor - Atual	88,52	37 dias
Mapa de Fluxo de Valor - Futuro	88,52	14 dias
Mapa de Fluxo de Valor - Futuro - Processos Agrupados	88,52	6 dias

Fonte: Autor.

Na Figura 25 é possível analisar a percentagem da redução do *lead time* entre o primeiro Mapa do Fluxo de Valor Atual e o Mapa do Fluxo de Valor Futuro e também da redução entre o Mapa do Fluxo de Valor Futuro e o Mapa do Fluxo de Valor Futuro com Agrupamento dos Processos. No primeiro caso podemos observar que a redução foi de 62% já no segundo caso a redução foi ainda maior sendo de 84 %.

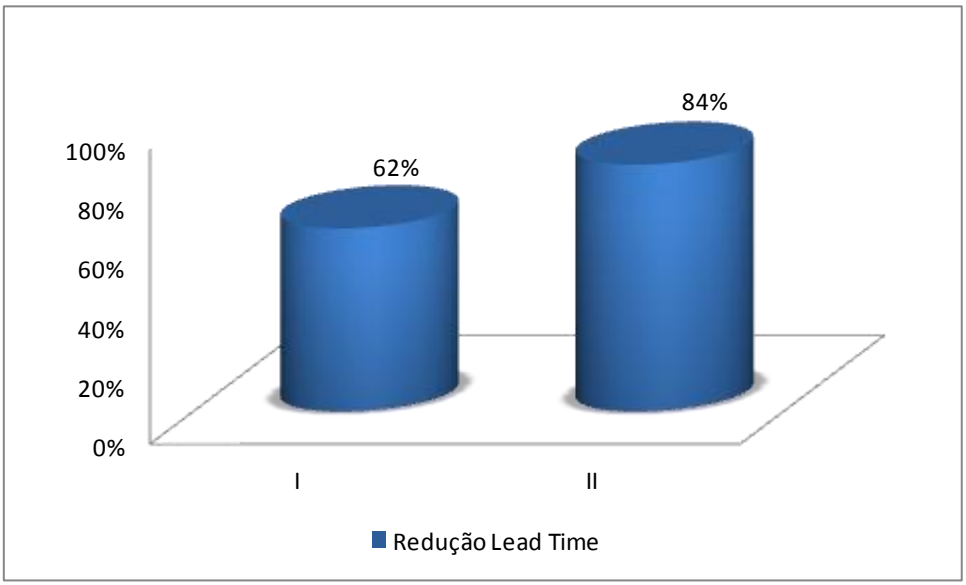

Figura 26: Diferença no *Lead Time*.
Fonte: Autor.

Desta maneira, é visível que com a utilização das ferramentas do Sistema de Produção Enxuta é possível incidir significantemente em relação à redução no *lead time* da produção, sem que se faça nenhuma aquisição, e sim somente através da melhor utilização de recursos disponíveis, como máquinas e pessoas. O único recurso que causaria custo por parte da empresa seria implantação de um Planejamento de Controle da Produção, com este já sendo considerado implantado no Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro com processos agrupados, a redução do *lead time* de produção se apresenta ainda maior, sendo assim o custo/beneficio desta aquisição totalmente viável, além dos outros benefícios em questão de planejamento e controle que esta também irá promover além do chão de fábrica.

4. CONCLUSÃO

O estudo possibilitou avaliar o processo produtivo da indústria metal-mecânica com o objetivo de redução de desperdícios, para que consequentemente esta venha se tornar uma empresa competitiva no cenário atual, buscando sempre melhorar a qualidade do seu produto e aumentar a sua confiabilidade com os seus clientes.

As ferramentas do Sistema de Produção Enxuta, Mapeamento do Fluxo de Valor e Gráfico de Yamazumi, auxiliaram o estudo para fim de melhorias no processo produtivo e o embasamento teórico desta filosofia foi fundamental para que a pesquisadora adquirisse maiores conhecimentos a respeito das ferramentas utilizadas.

Observou-se por meio das análises dos dados gerados pelas ferramentas que existe uma viabilidade de propor melhorias que visam à redução de fontes de desperdícios. A ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor possibilitou a visualização dos desperdícios ocorridos entre os processos, das relações entra empresa-clientes e empresa-fornecedores; e também a visualização da forma como era feita a rede de comunicação referente à produção dentro da empresa, possibilitando assim propor melhorias não apenas no chão de fábrica.

Assim, com o auxílio da ferramenta Gráfico de Yamazumi foi possível analisar os tempos de processos e o *takt time* do processo. Por meio de análises foi possível propor melhorias para gerar fluxos contínuos em algumas operações e deste modo possibilitando haver uma maior redução das fontes de desperdícios. Com estas análises realizadas o Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro foi estabelecido com a utilização de todas as melhorias propostas, as quais demonstram potencial de gerar uma significativa redução no tempo de *lead time* do processo.

5. REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. – **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e medida do trabalho.** 6ª.ed São Paulo; Edgard Blücher, 1997.

DEMING, W. E. – **Qualidade: A Revolução da Administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990**. Disponível em: <http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info80/80.html>. Acesso em: 18/02/2010.

FOGLIATTO,S.F., FAGUNDES,M.R.P. – **Troca Rápida De Ferramentas:Proposta Metodológica e Estudo de Caso**. In: Gestão & Produção. v.10, n.2, p.163-181. Agosto 2003.

GHINATO, P. – **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção.** Disponível em: <http://static.scribd.com/docs>. Acesso em 26/01/2010.

GOMES, Jefferson Einsten Nobre et al. – **Balanceamento de Linha de Montagem na Indústria Automotiva**. In: ENEGEP, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro.

IMAI, M. Gembra Kaizen. – **Estratégias e Técnicas do Kaizen no Piso da Fábrica**. São Paulo: IMAM, 1996.

LIKER, K. J. – **O Modelo Toyota. 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Rio Grande do Sul: Artmed Bookman, 2005.

LORIERI, S. R.- **Qualidade e Produtividade**. 2008 Disponível em: < http://especialistasemqualidade.blogspot.com/2008/12/qualidade-e-produtividade.html>. Acesso em: 24/05/2010.

LUZ, A.R.C., BUIAR, D.R. – **Mapeamento do Fluxo de Valor – Uma Ferramenta do Sistema de Produção Enxuta.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis- SC, 2004.

MARTINS G.P., LAUGENI P.F. **– Administração da Produçã**o. São Paulo: Saraiva, 1998.

MÜLLER, C. J. – **A evolução dos sistemas de manufatura e a necessidade de mudanças nos sistemas de controle e custeio**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, 1996.

ALBUQUERQUE NETO, H.C., MARQUES, C.C., MARTINS, D.R., NEVES, C.P. – **A proposta do Mapa de Fluxo de valor em uma indústria calçadista do município de Campina Grande – PB.** In: IV Simposio de Engenharia de Produção da Região Nordeste. Fortaleza-CE, 2009.

NOGUEIRA, G.M., BALLARDIN, L., SILVA, P.M.L., VARGAS, V.C. - **Mapeamento de fluxo de valor para implementação da Produção Enxuta em serviços: o caso de uma oficina mecânica.** In**:** XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza- CE, 2006.

OHNO, T.O. – **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artmed Bookman, 1997.

RENTES, A.F., QUEIROZ, J.A., ARAUJO, C.A.C. – **Transformação Enxuta: Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma Situação Real**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis-SC, 2004.

RENTES, A. F.; NAZARENO, R. R.; SILVA, A. L. – **Mapeamento do Fluxo de Valor para Produtos com Ampla Gama de Peças**. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto-MG, 2003.

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

SHINGO, S. – **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. – **Administração da Produção.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, F. D. – **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2ª.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. – **A Máquina que Mudou o Mundo.** 6ª.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.