



Érico Perinazzo da Silva

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA OTIMIZAÇÃO DA
MANUFATURA EM ITEM PROCESSADO POR USINAGEM**

Horizontina - RS

2019

Érico Perinazzo da Silva

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA OTIMIZAÇÃO DA
MANUFATURA EM ITEM PROCESSADO POR USINAGEM**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Sirnei César Kach, Me.

Horizontina - RS

2019

FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Desenvolvimento de dispositivo para otimização da manufatura em item
processado por usinagem”

Elaborado por:
Érico Perinazzo da Silva

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: 29/11/2019
Pela Comissão Examinadora

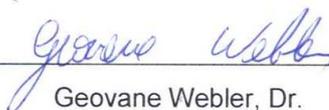


Sirnei César Kach, Me.

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Francine Centenaro Gomes, Me.
FAHOR – Faculdade Horizontina



Geovane Webler, Dr.
FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2019

A todos os professores, que mostraram como seguir a jornada de estudos, amigos e colegas que de alguma forma fizeram parte desta trajetória. Em especial a minha esposa, por sua capacidade de acreditar em mim, de me incentivar e suportar as dificuldades no período acadêmico. Também nos momentos mais turbulentos ocorridos durante esta trajetória, a toda minha família pelo suporte prestado.

AGRADECIMENTO

A Deus, pelo presente da vida, por ser luz em meu caminho, por estar presente em cada momento de minha vida. E por estar completando mais esta etapa, não me deixando desanimar e me fazendo acreditar que por mais árduo que fosse esse desafio, ao final seria gratificante.

A Fabor, aos seus funcionários e professores que durante esta jornada buscaram repassar seus conhecimentos teórico-práticos e tecnológicos, bem como o relato de suas experiências profissionais e acadêmicas.

Ao meu orientador professor Mestre Sirnei César Kach, por sua atenção, orientação ao longo deste trabalho e pelo seu vasto conhecimento compartilhado.

A empresa SR Máquinas, em especial ao seu proprietário, Sr. Magnos Roberto Stamm, pela oportunidade de realização deste projeto de pesquisa.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

(José de Alencar)

RESUMO

A produtividade é um dos fatores que mais influencia no desempenho das empresas, a qual gera impactos diretos nos custos dos produtos, no dimensionamento correto da fábrica em relação à produção, mão de obra, tempos de máquinas paradas e *set up*. Neste trabalho é apresentado a baixa produtividade no processo de manufatura do mancal 7K3926, no centro de usinagem da empresa SR Máquinas. O presente trabalho tem como objetivo projetar, desenvolver e implementar um dispositivo para a otimização da manufatura do item, e consequentemente obter ganho de produtividade, referente ao processo de usinagem do mesmo. Caracterizado como pesquisa-ação, realizou-se primeiramente a fundamentação teórica e posteriormente foram aplicados os conceitos com as informações fornecidas pela empresa. Na análise dos dados coletados, são apresentados os resultados obtidos antes da implementação da proposta. Posterior a implementação do dispositivo, são apresentados os resultados obtidos após nova coleta de dados. Com a implementação desta melhoria é possível evidenciar os ganhos obtidos. Conclui-se então que obteve-se uma redução significativa de tempo no processo de usinagem do item que está evidenciado nos resultados deste trabalho e que este estudo atingiu o proposto que era o ganho de produtividade deste processo, fica evidenciado assim que é possível realizar melhorias sem grandes investimentos, porém é necessário tempo e empenho para avaliar um processo e trabalhar nele para atingir os objetivos propostos.

Palavras-chave: Produtividade, Desenvolvimento de um Dispositivo, *Set up*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Decisões de chão de fábrica em operações focalizadas no processo .	18
Figura 2 – Comparação da produção tradicional com uma produção nivelada.....	24
Figura 3 – Comparação de uma produção tradicional com a de fluxo contínuo....	25
Figura 4 – Painel Porta <i>Kanban</i>	28
Figura 5 – Esquema do planejamento da necessidade de materiais (MRP I)	29
Figura 6 – ERP integra informação de todas as partes da organização	30
Figura 7 - Vista externa da empresa SR Máquinas.....	36
Figura 8 – Foto interna da empresa	36
Figura 9 – Fluxograma do processo produtivo	37
Figura 10 – Máquina CNC VMC 1066.....	38
Figura 11 – Dispositivo antigo	39
Figura 12 – Gráfico tempo de <i>set up</i>	39
Figura 13 – Broca de centro	40
Figura 14 – Broca aço rápido HSS.....	41
Figura 15 – Gráfico tempo de operação.....	42
Figura 16 – Desenho do dispositivo	43
Figura 17 – Novo dispositivo em 3D.....	44
Figura 18 – Novo dispositivo	45
Figura 19 – Gráfico tempos de <i>set up</i> anterior x posterior	47
Figura 20 – Comparação dos tempos de <i>set up</i> e ganho médio em %.....	48
Figura 21 – Gráfico de comparação dos tempos de operação anterior x posterior.	49
Figura 22 – Ganho de tempo na produção de um lote de cem peças.....	50
Figura 23 – Ganho de tempo em minutos e em % do processo + <i>set up</i>	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	TEMA.....	10
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	10
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.4	HIPÓTESES	11
1.5	JUSTIFICATIVA	12
1.6	OBJETIVOS	13
1.6.1	Objetivo Geral.....	13
1.6.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	PRODUTIVIDADE	14
2.2	TEMPOS E MOVIMENTOS.....	16
2.3	PROCESSO E OPERAÇÃO.....	17
2.4	VSM.....	20
2.5	USINAGEM	22
2.6	NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO	23
2.7	BALANCEAMENTO DE PRODUÇÃO	24
2.8	SET UP.....	25
2.9	KANBAN.....	27
2.10	MRP	29
2.11	ERP.....	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	32
3.1.1	Conhecendo a Empresa	32
3.1.2	Medição dos tempos e descrição do processo.....	33
3.1.3	Planejamento do Dispositivo	33
3.1.4	Desenvolvimento do Dispositivo e testes.....	33
3.1.5	Obtenção dos Resultados	34
3.2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	34
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1	HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	35
4.2	PROJETO DO DISPOSITIVO	42
4.3	ORÇAMENTO PARA FABRICAÇÃO DO DISPOSITIVO	43
4.4	MANUFATURAR O DISPOSITIVO.....	44
4.5	PROCESSO APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO DISPOSITIVO	46
	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS.....	54
	ANEXO – Representação do VSM para um processo de peças.....	56
	APÊNDICE A – Organograma da empresa	57
	APÊNDICE B - DESENHO DETALHADO DO DISPOSITIVO.....	58

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado e de constantes modificações em que as organizações estão inseridas, é necessário ter velocidade, agilidade e qualidade na produção de bens e serviços. Tornando-as competitivas diante das necessidades do mercado. Por essa necessidade as organizações têm buscado novas e melhores maneiras de organizar a produção.

Neste sentido surge a necessidade de implementar novos dispositivos na produção, utilizando-se de novas tecnologias. O atendimento a esta demanda irá proporcionar para as empresas elevar os níveis de produtividade e reduzir os custos de fabricação. Efetivando-se esta ação, sem dúvida se tornará assim o processo de produção mais ágil, para oferecer produtos com qualidade diferenciada e que satisfaçam a necessidade dos clientes.

Este trabalho busca apresentar análises de dados reais e bibliográficos que servirão como embasamento para identificar possíveis problemas em um centro de manufatura e apresentar alternativas para a resolução dos problemas diagnosticados.

O processo fabril foi analisado em um determinado período de tempo, sendo observado a produção de diversos itens, desde os mais simples até os mais complexos. Ao analisar o mesmo, constatou-se a possibilidade do desenvolvimento de um dispositivo para a produção de um mancal processado por usinagem. Este por sua vez, acondicionará mais unidades de peças de uma só vez para a realização da manufatura, considerando a baixa produtividade e o alto tempo de *set up* do atual processo.

O desenvolvimento e implementação deste dispositivo tem como objetivo obter ganho de produtividade, reduzir o tempo de *set up* no processo de manufatura do item. Sendo assim a empresa terá uma redução de custo no processo de manufatura do item em estudo.

Diante disso, foi proposto à empresa um novo dispositivo, o qual será possível acondicionar um número maior de peças por vez, com fácil fixação e remoção das mesmas. Com isso será possível aumentar gradativamente a produtividade, diminuir o tempo de *set up*, aumentando a lucratividade do setor de usinagem e melhorando assim a satisfação e motivação dos colaboradores.

1.1 TEMA

O tema deste estudo se refere a melhoria do processo, para ganho de produtividade por meio de alinhamentos da manufatura.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho procurou identificar processos de manufatura na empresa SR Máquinas, propor e implementar uma melhor alternativa para a produção de um mancal realizado via usinagem.

A empresa trabalha basicamente na produção de peças para indústrias do ramo metal mecânico e na prestação de serviços, como fabricação de dispositivos e retrabalhos de peças não conformes. Para atender esta demanda a mesma conta com um parque de máquinas composto por tornos, centros de usinagem e fresadora.

Com isso pensou-se na projeção e desenvolvimento de um novo dispositivo para a manufatura como alternativa de ganho no processo de produção e da produtividade, conseqüentemente na redução dos custos do processo de fabricação da empresa.

A escolha do item em estudo, aconteceu durante o acompanhamento do processo de fabricação do mesmo, onde, evidenciou-se a baixa produtividade e o elevado tempo de *set up*. Também foi constatado o baixo aproveitamento do recurso disponível para a atividade, a qual era realizada com apenas duas peças a cada vez. Durante o processo de fabricação o operador necessitava estar o tempo todo em frente da máquina, aguardando o momento certo para realização das trocas de peças, não podendo executar outra atividade no momento em que a máquina realizava a usinagem das peças em estudo.

Sendo que por conta destes detalhes do item em estudo e do processo delimita-se o tema nesta máquina e sua estação de trabalho.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Nos últimos anos o Brasil vem passando por grandes transformações, caracterizada por um ambiente altamente competitivo e de acelerada evolução tecnológica. Neste cenário a busca pela competitividade relaciona-se cada vez mais com a busca da simultaneidade entre os processos produtivos e as pessoas.

Por isso, o modo de administrar os recursos produtivos é de fundamental importância para o crescimento estratégico de uma organização. A engenharia da produção é a gestão de projetos e o controle de sistemas responsáveis pelo uso produtivo de matérias-primas, recursos humanos, equipamentos e instalações para o desenvolvimento de produtos e serviços.

Durante a manufatura foi possível perceber através da medição dos tempos, a baixa produtividade e tempo de *set up* elevado neste processo. Essa elevada taxa ocorre devido ao dispositivo atualmente utilizado acondicionar apenas duas peças por operação e a máquina necessitar realizar a troca de ferramenta duas vezes nesta operação, sendo também necessário o operador realizar várias trocas das peças em um determinado lote de produção.

Por saber da grande concorrência entre as empresas é que as melhorias devem ser constantes e necessárias nas organizações, porque haverá sempre uma nova maneira de qualificar os processos e agilidades, seguindo o objetivo que é a competitividade.

Com base no exposto estará sendo desenvolvido um dispositivo objetivando o aumento da eficiência no processo atendendo demandas futuras.

Diante disso, o problema caracteriza-se com a seguinte pergunta: Desenvolvimento de um novo dispositivo que necessita de investimentos em projeto e materiais, realmente é a melhor alternativa para se obter ganho de produtividade no processo de manufatura do item?

1.4 HIPÓTESES

Para Lakatos e Marconi (2003), a hipótese é constituída pela suposição ou pela provável solução do problema, onde a confirmação poderá ser verificada através dos resultados após a implementação do trabalho.

Sabe-se que no processo produtivo de um determinado item, existem várias possibilidades e alternativas de fazê-lo, porém se não tiver uma ferramenta adequada para tal, o tempo de produção se torna elevado tendo assim perdas de produtividade e qualidade.

É nesse sentido que hipoteticamente, se pressupõe que o desenvolvimento de um dispositivo que suporte um maior número de peças possa ser a melhor opção para garantir o aumento de produtividade na manufatura do item em estudo.

Pretende-se assim obter ganho de produtividade, mão de obra, menor número de *set up* e eliminar processos que não agregam valor ao produto final.

Sendo assim, se pressupõe que o investimento para a fabricação do novo dispositivo não será tão elevado, visto que a empresa possui matéria prima e a mesma irá realizar a fabricação, sendo necessário apenas a compra dos componentes como parafusos, e este o custo é baixíssimo. Desta forma, pode-se dizer que o investimento não será alto comparado com a baixa produtividade existente hoje no processo.

1.5 JUSTIFICATIVA

Nos dias atuais e com as constantes mudanças, as empresas devem estar cientes de produzir com rapidez, por isso que toda e qualquer melhoria interfere diretamente na produtividade.

Sabe-se que na indústria há uma disputa acirrada que é composta por diversos fatores, pode-se citar a busca por mão obra especializada, inovações tecnológicas para máquinas, equipamentos e materiais, tornando os processos mais eficientes. Esta busca é o que torna a área fabril dinâmica, possibilitando transformações nos diferentes processos de fabricação de uma peça. Neste sentido, que o profissional da engenharia de produção deve trabalhar e buscar alternativas para a otimização dos processos, aproveitando da melhor forma possível os recursos disponíveis.

Diante disso o trabalho se justifica pela oportunidade de implementar uma solução no processo de fabricação na Empresa SR Máquinas. Através do dispositivo desenvolvido a empresa terá resultados positivos no aumento da produtividade, redução de custos, ganho em *set up* de máquina, parametrização do dispositivo, tudo isso com um baixo investimento.

Considerando o custo x benefício do dispositivo, o mesmo apresenta-se como alternativa viável, pois irá gerar maior competitividade à empresa, agilizando a produção da demanda e entrega, satisfazendo a necessidade dos clientes e reduzindo os custos de produção.

Com o desenvolvimento e implementação deste projeto, estima-se um ganho de produtividade de 30% no processo de fabricação do item. Essa estimativa se dá devido ao aumento significativo do número de peças do novo dispositivo, visto que o anterior permitia acondicionar apenas duas peças por operação. Sendo assim, a

máquina utilizada para processar este item ficará menos tempo parada devido as trocas das peças do dispositivo, irá diminuir o tempo e número de *set up*. Nesta nova condição, o operador poderá realizar outra atividade durante o processo de manufatura agregando mais valor ao seu tempo de atividade intercalando atividades.

A partir da fabricação do novo dispositivo haverá melhores condições de atendimento da produção, revisão e melhoria das metas. A otimização dos processos além de facilitar a manufatura, abre espaço para a inclusão de novos itens em função da liberação da carga hora/máquina.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

De modo geral, o foco da pesquisa está no aumento de produtividade pois é um fator relevante em função de que a demanda prevista é elevada. Ajustando o processo com esta alteração do método de fabricação, espera-se obter além de outras vantagens, uma redução importante no custo de produção. Para a manufatura do item, será utilizado um centro de usinagem, alteração de processo favorecida pelo novo dispositivo, esperando que contribua para o aumento da produtividade.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Planejar e projetar o dispositivo;
- Definir a lista de materiais, realizar orçamento e encaminhar a fabricação;
- Manufaturar, testar e validar o dispositivo;
- Mensurar e confrontar os tempos anteriores com os tempos após a implementação do dispositivo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentado o conceito de produtividade e alguns fatores que a influenciam na produtividade no caso de empresas que trabalham com usinagem. Entre estes fatores pode-se citar a manutenção, a organização da fábrica, os processos de fabricação, a preparação de máquinas (*set up*) e o gerenciamento de ferramentas. A revisão da literatura é baseada nos assuntos de suma importância para o desenvolvimento do trabalho.

Os mercados em praticamente todos os segmentos econômicos no Brasil têm algumas características em comum. Entre elas, pode-se citar: competição acirrada, globalização de seus concorrentes e de sua cadeia de suprimentos, as margens de lucro pressionadas para baixo, os prazos de entrega cada vez menores demandados pelos clientes e a qualidade dos produtos e serviços, que são pré-requisitos fundamentais para a existência da empresa, portanto, não existe espaço no mercado para empresas que não têm qualidade e competitividade.

Sabe-se que toda empresa tem seus processos produtivos, burocráticos e físicos, e que obedece a uma lógica, onde são consumidos recursos e estes são transformados através dos processos produtivos em produtos/serviços. Sendo assim, uma forma de avaliar o desempenho destes processos é a análise da relação entre o volume produzido e os recursos necessários para esta produção, o que podemos chamar de relação de produtividade.

2.1 PRODUTIVIDADE

Nos dias atuais as empresas devem estar atentas às mudanças de cenário. Sendo assim é importante que as mesmas produzirem cada vez mais em menos tempo, que se atualizem com novas técnicas de produção se tornando assim cada vez mais eficientes e eficazes proporcionando assim um aumento da produtividade em suas operações e se tornando cada vez mais competitivas (BRAGA, 2000).

Para Moreira (2001), produtividade está ligada com o maior ou menor aproveitamento dos recursos em um processo produtivo, ou seja, se refere ao quanto é possível produzir com certa quantidade de recursos.

Quando se pensa em manufatura enxuta, tem-se como referência a palavra “desperdício”, que Womack e Jones (1998) definem como qualquer atividade humana que absorve recursos, porém não cria valores, por exemplo:

- Erros que necessitam de reparos; produção de itens indesejados;
- Alto índice de produtos no estoque;
- Etapas de processamento desnecessárias;
- Movimentação de funcionários e transporte de itens de um lugar para outro sem necessidade logística;
- Grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo ou tempo do processo;
- Bens e serviços que não atendam às necessidades do cliente.

Segundo Gaither e Frazier (2001) existem três fatores importantes que afetam a produtividade da mão de obra: desempenho do trabalhador, tecnologia, máquinas, ferramentas e sistemas de trabalho que apoiam e ajudam no trabalho dos trabalhadores, e a qualidade do produto.

Para Ramo (1980), a produtividade é um índice em que se determina a eficiência de uma atividade como um processo produtivo. Assim, não existe um índice único para qualquer tipo de atividade. Para mensurar produtividade, geralmente é utilizado uma relação que envolve pessoas, tempo, quantidade de produtos para serem fabricados e produtos prontos que saem da linha de produção, criando assim uma eficiência. De acordo com o autor, existem quatro formas de se obter bons índices de produtividade:

- Através de inovações tecnológicas;
- Aumento de investimentos internos em melhorias;
- Realização de treinamentos, proporcionando melhor educação e motivação para os funcionários;
- Diversificação dos negócios da empresa.

Ainda para Ramo (1980), geralmente a produtividade é um dos principais problemas a serem resolvidos pelo pessoal de manufatura, considerando os fatores como versatilidade, dimensionamento de equipamentos e pessoal.

Conforme Harmon e Peterson (1997), as máquinas, bem como suas ferramentas e instrumentos, não deveriam ser complexos, mas sim projetados para facilitar a operação, manutenção e *set up*. A equipe que trabalha em prol do aumento de produtividade é responsável pelas mudanças físicas nos equipamentos, ferramentas e/ou métodos que simplifiquem as operações. As

operações de usinagem, representam uma oportunidade para a introdução de consideráveis melhorias. Normalmente, elas envolvem uma série de complexos problemas, mas possíveis de melhorias. Exemplo disso é que tanto os que operam diretamente às máquinas, como o pessoal indiretamente ligado a elas gastam um tempo relativamente exíguo mantendo-as em processamento, e um tempo exagerado em tarefas e movimentos que pouco valor adiciona ao produto manufaturado, ou simplesmente desperdiçam o tempo na ociosidade.

Já Ribeiro (1989), destaca que a busca da produtividade, em qualquer época, sempre representou e representará a solução mais viável para que empresas consigam gerar recursos necessários ao seu desenvolvimento. Destaca-se, ainda, que todos os setores de uma empresa devem estar preocupados em avaliar seu desempenho e desenvolver programas de aumento de eficiência. Diante disso, os setores de produção e manufatura têm que buscar a produtividade e a otimização dos custos, de modo a manter a permanente competitividade do produto. Além disso, precisam ser extremamente flexíveis para atender aos pedidos no menor espaço de tempo possível.

2.2 TEMPOS E MOVIMENTOS

Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos é o estudo dos processos do trabalho organizado. Tendo como objetivos principais, padronizar os processos, também determinar o tempo que um operador gasta para executar uma tarefa trabalhando em um ritmo normal. O processo produtivo deve ser analisado de forma ampla e após detalhado, tendo assim o estudo do fluxo do processo como uma técnica consistente do andamento do processo. O fluxo mostra os eventos que acontecem entre as operações e também ajudam no detalhamento das operações que necessitam de análises mais aprofundadas.

Barnes (1977) ainda cita que os filmes podem ser usados para várias finalidades no estudo dos tempos e movimentos, neste sentido alguns passos devem ser seguidos para que seja eficaz, geralmente os mais utilizados são:

- Estudo dos micromovimentos;
- Obter dados para amostragem do trabalho;
- Treinar os operadores;
- Mostrar o método atual de se executar determinada tarefa;

- Avaliação do ritmo no estudo de tempos;
- Pesquisa sobre o estudo de movimentos.

No entanto Vanzolini (1998) cita que cronometragem é uma coleta para análise de dados. Na cronometragem devem ser seguidos algumas etapas para que ela seja eficaz:

- Obter as informações do operador e da operação;
- Realizar a divisão da operação por setores e registrar a descrição completa;
- Cronometrar e tomar nota do tempo gasto pelo operador para realizar a atividade;
- Definir a quantidade de ciclos que serão cronometrados;
- Medir o ritmo de cada operador;
- Verificar se a quantidade de vezes cronometradas foi o suficiente;
- Determinar as tolerâncias;
- Definir o tempo padrão para cada operação.

2.3 PROCESSO E OPERAÇÃO

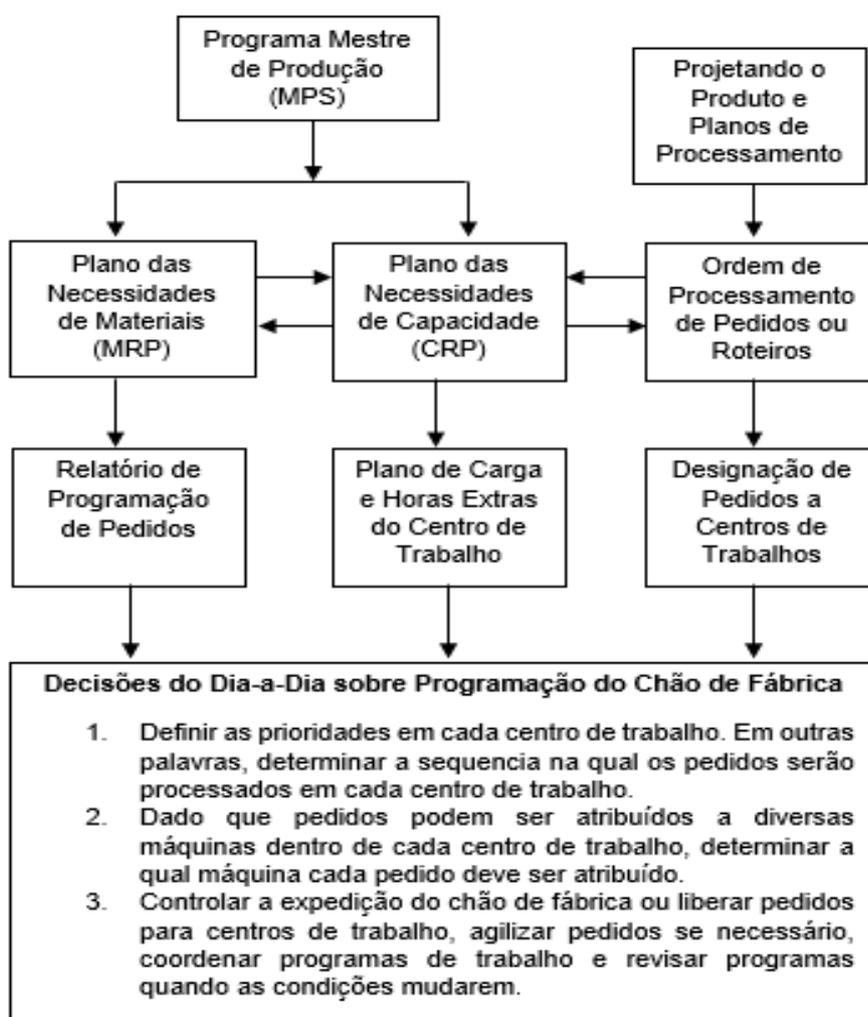
Para Gaither e Frazier (2001), a escolha do projeto de processo de produção é afetada pela necessidade de se obter qualidade de produto. Em cada etapa do processo ou de operações, a qualidade do produto é considerada na maioria das decisões importantes. Os processos de produção utilizados nas diversas empresas devem ter a capacidade adequada para a produção dos produtos e serviços que os clientes desejam, sendo necessário operações que permitam a expansão ou restrição conforme o ritmo das demandas.

Conforme Martins e Laugeni (1999), um processo é o percurso realizado por um material desde que entra na empresa até que dela saia com um grau determinado de transformação. Ainda, operação é o trabalho desenvolvido sobre o material por homens ou máquinas em um determinado tempo.

As empresas que possuem foco no processo são chamadas de *job shop*, onde os centros ou postos de trabalhos, departamentos são organizados conforme as funções ou especialidades, por exemplo: usinagem, torneamento, tratamento térmico, furação e montagem. As operações geralmente são processadas em lotes, o qual se baseia no tamanho do pedido ou em alguma quantidade mínima

especificada. Cada operação segue um roteiro distinto nos diferentes postos de trabalho. Geralmente as *job shop* usam sistemas empurrar de planejamento e controle da produção, e o MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais) é fundamental nestes sistemas. A Figura 1 ilustra decisões quanto a programação e o chão de fábrica em operações focalizadas no processo, destacando que se inicia com o relatório da programação de pedidos de um sistema MRP. (GAITHER e FRAZIER, 2001).

Figura 1 – Decisões de chão de fábrica em operações focalizadas no processo



Fonte: Adaptado de Gaither e Frazier (2001)

Ainda citando Gaither e Frazier (2001), partir da programação de pedidos, pode-se determinar quando os pedidos de cada peça devem ser liberados para produção, assim pode-se determinar para qual posto de trabalho o pedido deve ir. Diante dessas informações o responsável pelas operações pode tomar as decisões

quanto à programação e o chão de fábrica, sequência de pedidos, designar pedidos a máquinas dentro dos departamentos, bem como tomar decisões quanto o controle do chão de fábrica. No Quadro 1 é possível analisar algumas características da manufatura focalizada em processo e suas implicações.

Quadro 1 – Características da Manufatura Focalizada no Processo

Características	Implicações para a Programação
As operações similares são agrupadas com supervisão comum.	Programas individuais de centros de trabalho devem ser desenvolvidos e coordenados dentro dos departamentos de produção.
Os produtos são diversos e às vezes projetados de forma personalizada.	É necessário planejamento de pré-produção, para estabelecer roteiros, processamento e projetos de produto.
Os passos de processamento são desvinculados, e os pedidos podem seguir diferentes caminhos através dos sistemas de produção.	Um sistema complexo de controle da produção deve planejar e controlar a movimentação dos pedidos através do sistema de produção.
Estoques em processo formam-se entre as etapas de processamento. As máquinas podem adaptar-se a uma variedade de produtos e operações.	Há uma grande flexibilidade para deslocar trabalhadores e máquinas de pedido a pedido.
As cargas de trabalho tipicamente não são balanceadas entre as etapas de processamento.	Uma sobrecarga extra é imposta aos programadores para que carreguem plenamente as instalações e minimizem o tempo ocioso e a subcarga.
Quando ocorrem quebras de equipamentos, a entrega de materiais atrasa e outras interrupções ocorrem, as operações subsequentes não são afetadas imediatamente.	Um número menor de concessões para tempo ocioso precisa ser incluído nos programas
Pedidos podem acumular-se em cada etapa do processamento.	Deve ser estabelecido um sistema de prioridades que determine qual pedido deve ser programado primeiro em cada centro de trabalho.
Os produtos geralmente são do tipo produção sob encomenda.	Lead time longos são necessários para a manufatura e entrega de materiais. São usados programas de entrada de matérias-primas e programas de saída de produtos.

Fonte: Adaptado de Gaither e Frazier (2001)

Segundo Gaither e Frazier (2001) o planejamento e controle do chão de fábrica inclui diversas atividades, entre elas pode-se destacar:

- Definir prioridade a cada pedido, isso ajuda a definir a sequência de produção nos centros de trabalhos.

- Emissão de listas de remessa para cada centro de trabalho, o que permite os supervisores de produção saibam quais pedidos devem ser produzidos em cada centro de trabalho, as prioridades.
- Manter o estoque de produtos em processo atualizado, isso inclui saber a localização de cada pedido, saber o número de peças boas em cada etapa de produção, a quantidade de sucata, quantidade de retrabalho necessário, bem como as unidades que faltam em cada pedido.
- Fornecer controle de entrada e saída em todos os centros de trabalhos, ou seja, desenvolver informações sobre como as tarefas (operações) estão fluindo entre os centros de trabalho.
- Medir a eficiência, utilização e produtividade de trabalhadores e máquinas em cada centro de trabalho.

2.4 VSM

Conforme Corrêa e Corrêa (2017), o VSM (*Value Stream Mapping*, ou Mapeamento do Fluxo de Valor). É uma ferramenta que consiste em uma forma eficiente e muito útil para realizar o mapeamento do fluxo de informações e materiais em uma empresa e através de uma série de processos, obter dados sobre o tempo de execução associado, chamado lead time, conforme Anexo A.

Ainda para Corrêa e Corrêa (2017), o VSM, inclui muito mais informações a respeito do processo que o mapeamento mais simples, como:

- O tempo de cada processo;
- Tempos e distâncias percorridas nos transportes;
- Custos agregados;
- Detalhes de características do desempenho do processo;
- Fluxos físicos e de informação.

Quais informações considerar na análise vai depender dos objetivos da análise ou sua ênfase. Por exemplo, se o objetivo que motivou o disparo do processo de análise é o de reduzir estoques, informações sobre as quantidades de estoques médios encontrados em cada uma das etapas do processo terão relevância especial (CORRÊA E CORRÊA, 2017).

Sabe-se que o tempo de execução, tendo uma determinada sequência de valores, consiste em um resultado importante para o estoque, por sua vez, é resultante de processos individuais e atributos de desempenho no fluxo de valores.

Dessa forma para reduzir o tempo de execução das tarefas, é importante otimizar os processos operacionais. Por isso é importante entender como funciona o fluxo de valor por toda a cadeia logística, para que se possa propor aplicações em diferentes âmbitos e como é que elas terão impactos mais significativo (ROTHER e SHOOK, 1999).

Ainda para Rother e Shook (1999), é por meio dos processos individuais que a maior parte dos mecanismos de melhoria contínua e adaptação ocorre, o VSM é um eficiente ponto de partida para, posteriormente, aplicar outras ferramentas no nível do processo. Dessa forma, pode ser compreendido como um procedimento utilizado para auxiliar e garantir que os esforços de otimização se ajustem, de processo para processo, desenvolvendo um fluxo de valor constante e fluente; compatibiliza-se com os objetivos da empresa e atinjam o índice de satisfação que os clientes esperam.

Corrêa e Corrêa (2017) ainda destaca, mapeamento de fluxo de valor é um método poderoso para identificar desperdícios em qualquer processo. Através dele é possível detalhar cada etapa significativa do processo e avaliar como a mesma está ou não, agregando valor do ponto de vista do cliente. Também pode ser usado como uma ferramenta eficaz para a comunicação, colaboração e até mesmo mudança de cultura nas empresas.

Conforme Rother e Shook (1999), o mapeamento pode eliminar desperdícios em variados departamentos da empresa, além de otimizar o uso dos recursos financeiros e ativos do negócio, como também gerar ganhos exponenciais de produtividade nos processos operacionais. Alguns gargalos de produção, prejuízos e procedimentos defasados podem ser identificados pelo VSM, gerando melhorias às organizações, entre elas pode-se destacar:

- Estoque: redução do longo tempo de espera de *set up*; identificação de falhas no planejamento, solução de problemas de manutenção; melhor definição das prioridades; agilidade e assertividade na aquisição de produtos.
- Excesso de produção: produção antecipada; produção mais ágil; produção em maior quantidade; adiantamento de trabalhos; fazer apenas o que foi requisitado pela demanda, evitando gerar desperdícios.

- Tempo de espera: redução do tempo de espera de autorizações e liberações por equipamentos; materiais; assinaturas; documentos.
- Descarte de processos desnecessários: retrabalho; checagem das atividades de outros colaboradores; inspeção; obtenção de inúmeras assinaturas; revisões excessivas.
- Movimentação: posicionamento de ferramentas e materiais; problemas de *layout*; falta de análise de movimentos; falta de 5S; *layout* da estação de trabalho.
- Falhas e defeitos: dificuldade de padronização dos processos de trabalho; defasagem nos treinamentos de equipe; ausência de métricas e KPIs (*Key Performance Indicator*, bem como indicador-chave de desempenho) para mensurar o desempenho;
- Transporte: peças encaminhadas a grandes distâncias dentro das estruturas internas das fábricas; documentos transportados para diversos departamentos da empresa.

Ainda citando Rother e Shook (1999), destacam que o grande diferencial do VSM é reduzir significativamente e de forma simples a complexidade do sistema produtivo. Ainda pode oferecer um conjunto de diretrizes para a análise de possíveis melhorias que somente a medição e correta mensuração por meio de padrão, venham contribuir na otimização.

2.5 USINAGEM

Para Almeida (2015), a usinagem é um processo de fabricação mecânica que envolve remover sobre metal da peça através do corte, com a ajuda de máquinas ou usando ferramentas manuais. As máquinas utilizadas no processo devem possuir ferramentas de corte com ângulos específicos, permitindo sua penetração controlada no material e eliminando quantidades proporcionais de resíduos correspondentes às suas características construtivas, estes resíduos também são chamados de cavacos.

Ainda citando Almeida (2015), o processo de usinagem requer o uso de máquinas e ferramentas de corte específicas para a operação determinada pelo projeto. Eles podem ser feitos de aço rápido ou metal duro composta por carbonetos de metal sinterizados, que estão corretamente conectados à máquina-ferramenta.

Essa ferramenta de corte pode operar com movimentos rotativos, nas fresadoras e furadeiras, ou parada. Nesse caso, é a peça que gira no torno. O processo de usinagem manual é realizado através do uso de limas que é realizado pelo operador, esta pessoa deve ter o conhecimento e entender a precisão geométrica e as dimensões da peça. As limas rotativas, montadas em turbinas pneumáticas ou elétricas, também podem ser usadas, e sua precisão dependerá inteiramente do operador.

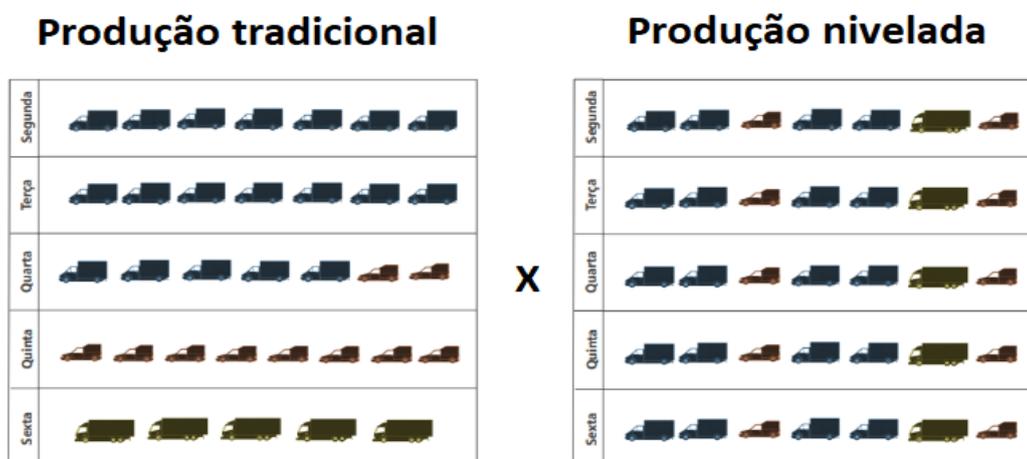
Já para Rocha et al (2015), a usinagem é um processo simples, porém ao mesmo tempo complexo, pois as peças são produzidas através da remoção do excesso de material na forma de cavacos. É complexo devido às dificuldades de determinar as condições ideais do corte. Simples porque uma vez determinadas as condições, o cavaco se forma corretamente, não sendo necessário a intervenção do operador. As condições ideais de corte são aquelas capazes de fabricar peças atendendo as especificações de projeto ao menor custo possível.

2.6 NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO

Para Slack, Chambers, Johnston (2007), o nivelamento da produção, é nivelar as quantidades e tipos de produtos, de modo a permitir que a programação da produção, no nivelamento ocorre a combinação de itens diferentes para garantir o fluxo contínuo de produção. Consequentemente haverá um impacto direto nas demandas de recursos para a manufatura, conforme programação.

De acordo com Nunes (2019), o nivelamento da produção é conseguir colocar em uma linha de produção um maior mix com diferentes perfis de produtos, atendendo a demanda com base no prazo de entrega, conforme Figura 2.

Figura 2 – Comparação da produção tradicional com uma produção nivelada



Fonte: Adaptado de Nunes (2019)

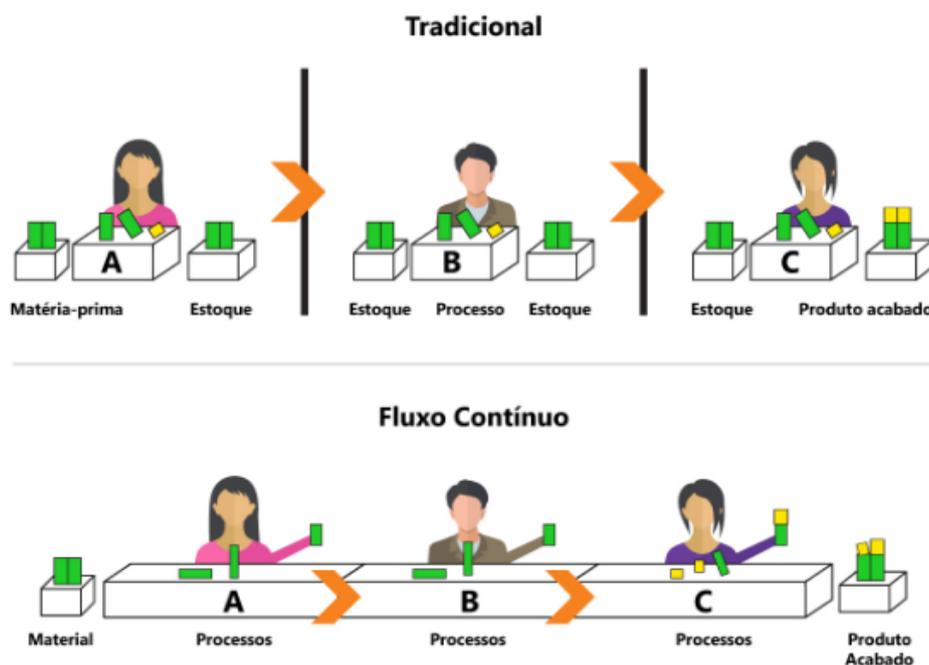
O princípio da programação nivelada é bastante simples, mas os pressupostos para colocá-la em prática requerem esforços, ainda, que os benefícios sejam substanciais. Convencionalmente, se é necessária a produção de determinado mix de produtos em determinado período, o tamanho do lote seria calculado para cada produto e os lotes produzidos em determinada sequência (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2007).

2.7 BALANCEAMENTO DE PRODUÇÃO

Para Martins e Laugeni (1999), linha de montagem representa o fluxo de operações em um sistema contínuo, onde o produto ou parte dele é dividido em um determinado número de operações ou tarefas que são distribuídas em postos de trabalho. Para acontecer o balanceamento de uma linha de montagem deve-se em primeiro determinar o tempo de ciclo, que é o tempo máximo permitido a uma estação de trabalho de uma linha de montagem para concluir um conjunto de tarefas determinadas, ou seja, expressa a frequência que um componente do produto deverá sair da linha, ou em outras palavras, o intervalo de tempo entre dois componentes consecutivos.

Segundo Eller [2019], o fluxo tradicional de produção manufatura produtos gerando estoques intermediários possivelmente pela ocorrência de gargalos. Já no fluxo contínuo a linha de produção se apresenta com balanceamento correto dos postos que por sua vez não possibilita a formação de gargalos, fluindo a produção de forma mais organizada, conforme Figura 3.

Figura 3 – Comparação de uma produção tradicional com a de fluxo contínuo



Fonte: Adaptado de Eller [2019]

Ainda citando Martins e Laugeni (1999), enfatizam que o balanceamento de linha de produção busca desenvolver ações eficazes para assegurar que a produção seja realizada de forma contínua e nivelada, evitando desperdícios gerados pela produção de estoques intermediários e ociosidade causada por tempo de espera durante a produção. O balanceamento de linha de produção visa anular o gargalo de produção, proporcionando o máximo de produtividade e eficiência mantendo o ritmo de trabalho adequado do processo produtivo.

2.8 SET UP

Set up é definido como o tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a produção da primeira peça do próximo lote (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2007).

Ainda para Slack, Chambers, Johnston (2007), os tempos de troca podem ser reduzidos por vários métodos, exemplo: eliminação do tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-preparação de tarefas que atrasam as trocas e a constante prática de rotinas. As mudanças mecânicas consideradas relativamente simples podem reduzir os tempos de consideravelmente.

Harmon e Peterson (1997) afirmam que, apesar de existir um número ilimitado de técnicas que contribuem para a produtividade superior, um pequeno número delas merece atenção especial:

- Organização em sub-fábricas pequenas e focalizadas;
- Melhoria da utilização do espaço;
- Redução do tempo, custos e complexidade do *set up*.

Das três, a redução do *set up* é a mais fácil, barata e rápida das melhorias que os fabricantes podem fazer.

A redução dos custos da preparação de máquina é importante por três razões:

- a) Quando o custo de preparação da máquina é alto, os lotes produzidos também são grandes, e o investimento resultante em estoques, elevado. Agora, se o custo de conversão é insignificante, torna-se possível produzir diariamente a quantidade estritamente necessária naquele dia, com a virtual eliminação do investimento em estoques decorrente de grandes lotes.
- b) Com técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas, eliminam-se as possibilidades de erros na regulagem de ferramentas e instrumentos.
- c) Técnicas de conversões rápidas podem ser usadas para tornar disponível uma capacidade adicional da máquina.

Já Shingo (2000), descreve alguns pontos também relevantes:

- Podem existir itens parecidos, apesar dos produtos serem diferentes, as peças e ferramentas utilizadas no processo, podem ser iguais e permanecer constantes, não sendo necessário a troca na fabricação de mais de um item;
- Havendo itens similares no processo de *set up*. Peças diferentes, porém, com forma ou geometria similar onde, por exemplo, seria necessário somente ajustar a placa do torno, tornando-o muito simples e rápido;
- Quando ocorrer alguma antecipação de produção, o ideal é unir os lotes para reduzir o número de trocas e assim aumentando a quantidade de peças por lote a serem produzidas;

- Sempre que possível, para reduzir a dependência da ação de fazer, para depois acertar, eliminar melhorias de processo quando as operações são baseadas em suposições, as ações simplificadas são mais bem-sucedidas na melhoria das operações, a redução das modificações tende a reduzir os problemas de *set up*.

A busca de diminuição dos tempos para troca de um lote para outro, tem objetivo operar com lotes pequenos sem perder a produtividade e qualidade. Também produzir vários tipos de itens em um mesmo turno, com isso reduzir os custos relacionados com a preparação das máquinas (SHINGO, 2000).

2.9 KANBAN

Para Martins e Laugeni (1999), o *kanban* é uma palavra de origem japonesa, que significa cartão ou sinal, placa ou outro dispositivo, utilizado para controlar a transferência de material de um estágio a outro da operação. O objetivo deste método é sinalizar a necessidade de mais material para a produção e garantir a entrega da produção para a próxima operação.

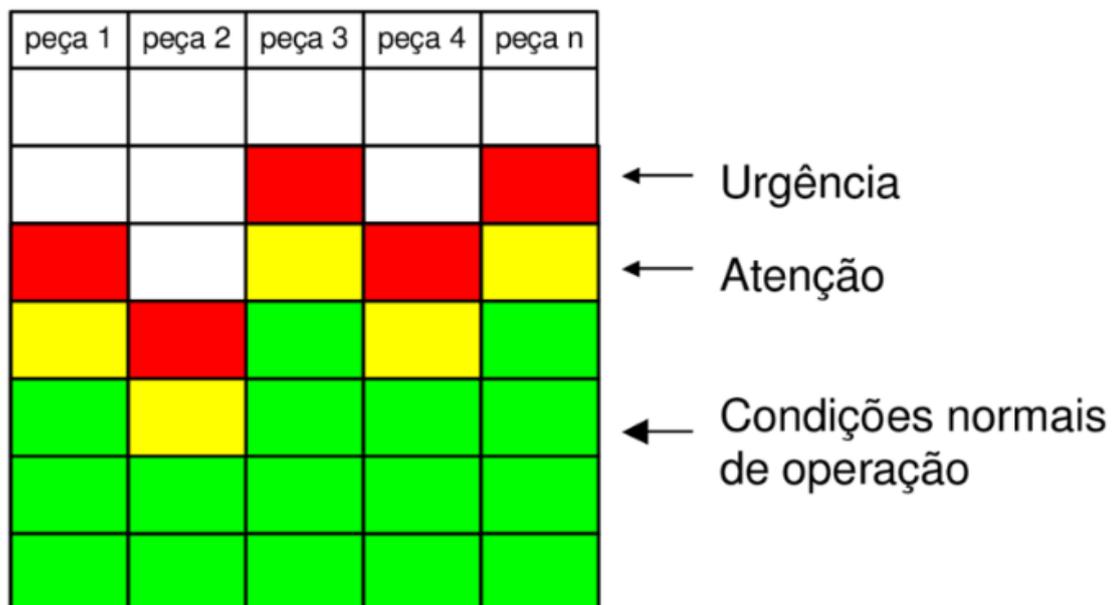
Conforme Slack, Chambers, Johnston (2007), existem diferentes tipos de *Kanban*:

- Por movimentação ou transporte: é usado para avisar o estágio anterior que o material pode ser retirado do estoque e transferido para uma destinação específica. Esse tipo de *kanban* terá detalhes como número de descrição de componente específico, o lugar de onde ele deve ser retirado e a destinação para qual ele deve ser enviado;
- De produção: é o sinal para um processo produtivo de que ele pode começar a produzir um item para que seja colocado em estoque. A informação contida nesse tipo de *kanban* normalmente inclui número e descrição do próprio processo, materiais necessários para a produção do componente. Além da destinação para a qual o componente ou componentes devem ser enviados depois de produzidos;
- Do fornecedor: usado para avisar ao fornecedor que é necessário enviar material ou componentes para um estágio da produção, é similar, o *kanban* de movimento, porém é normalmente utilizado com fornecedores externos.

Portanto os *kanbans* são meios pelo os quais o transporte, a produção ou o fornecimento podem ser autorizados.

Tubino (2000), descreve que o sistema *kanban* foi criado nos anos 60 pelos engenheiros da Toyota Motor Cia. Tinham como objetivo tornar as tarefas de programação, controle e acompanhamento da produção mais simples e rápidas, sendo possível assim fornecer itens dentro da produção nas quantidades e no momento certo. A Figura 4, refere-se a uma estrutura de um painel ou quadro de *kanban* de sinalização com cartões, com o objetivo de sinalizar o fluxo de movimentação da produção.

Figura 4 – Painel Porta *Kanban*



Fonte: Tubino (2000)

Na Figura 4 é possível verificar que cada quadrante possui uma cor para facilitar a visualização de urgência.

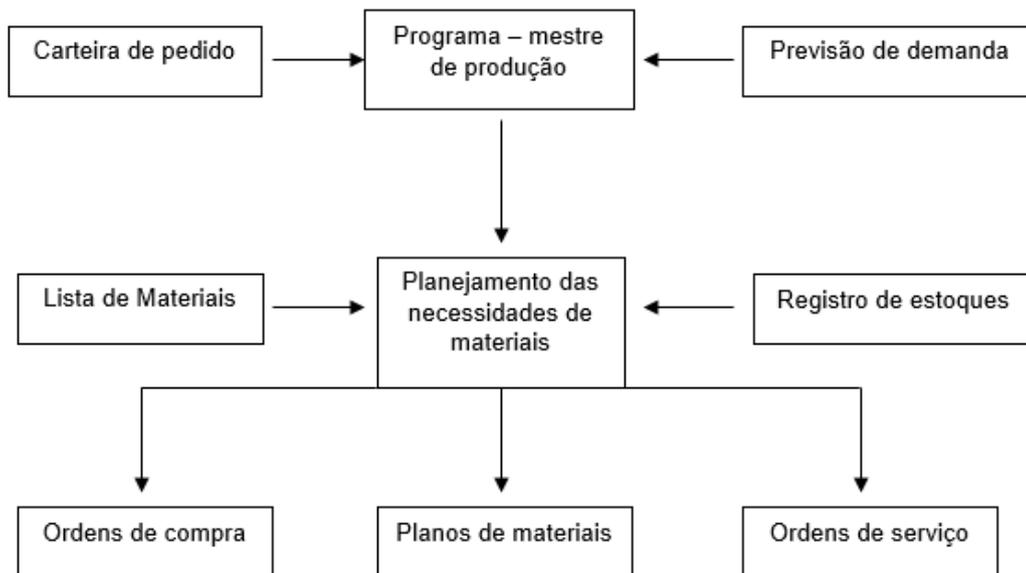
- Cartão verde: significa que a produção está operando em condições normais;
- Cartão amarelo: quando o item necessita de uma atenção especial;
- Cartão vermelho: aplicado quando um determinado item precisa de urgência em sua fabricação;

- A totalização das linhas verdes, amarelas e vermelhas de cada coluna totaliza ao número de cartões *kanban*, projetados para a operação do sistema.

2.10 MRP

Segundo Slack, Chambers, Johnston (2007), MRP (*Material Requirement Planning*, bem como Planejamento das necessidades de materiais). Ao longo dos anos, o MRP desenvolveu-se a partir da gestão de operações que auxiliava o planejamento e o controle das necessidades de materiais para se tornar, um sistema corporativo que apoia o planejamento de todas as necessidades de recursos.

Figura 5 – Esquema do planejamento da necessidade de materiais (MRP I)



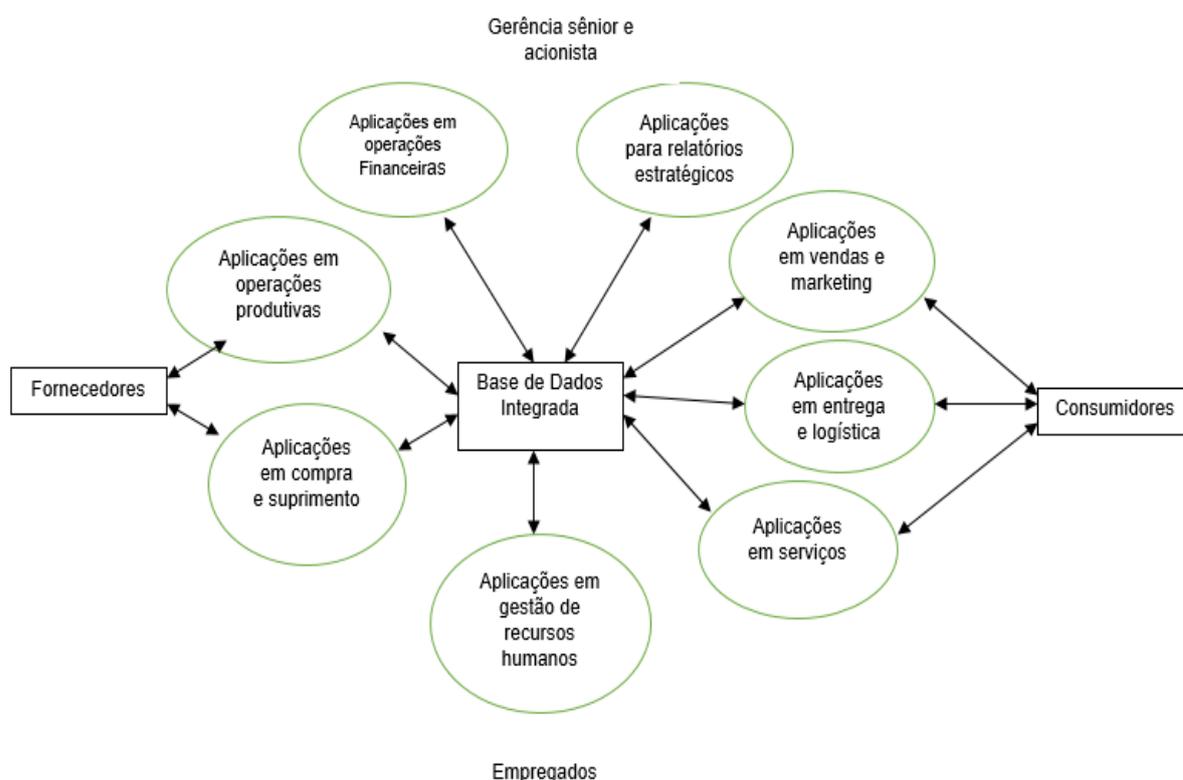
Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Johnston (2007)

Geralmente o MRP é utilizado em empresas de manufatura, conforme a Figura 5. Ainda permite que as empresas calculem a quantidade de material necessário e em que momento. Dessa forma o MRP verifica todos os componentes necessários para completar o pedido, garantindo que os mesmos sejam providenciados a tempo (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2007).

2.11 ERP

Para Slack, Chambers, Johnston (2007), o ERP (*Enterprise Resource Planning*, bem como Sistema integrado de gestão), consiste em um sistema que permite a tomada de decisões e a base de dados de todas as partes da organização estejam integradas, de modo, que as consequências das decisões de uma parte da organização sejam refletidas nos sistemas de planejamento e controle do restante da organização, conforme a Figura 6.

Figura 6 – ERP integra informação de todas as partes da organização



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Johnston (2007)

Ainda Slack, Chambers, Johnston (2007), o ERP constitui-se em uma poderosa ferramenta de planejamento e controle, caracterizada por:

- Incluir facilidades de apoio à decisão, o que permite aos participantes do processo decisório sobre a produção considerar as mais recentes informações;

- É baseada na arquitetura cliente/servidor, o acesso de informação é aberto a qualquer pessoa cujo computador esteja ligado aos computadores centrais;
- Geralmente é ligado aos sistemas externos, que se ligam aos parceiros da cadeia de suprimentos da empresa.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, será seguida as etapas conforme descritas neste capítulo, onde o método de coleta e tratamento dos dados e informações será descrito.

3.1.1 Conhecendo a Empresa

Em um primeiro momento, foi contatado o proprietário da empresa SR Máquinas para conversar sobre a possibilidade da realização do TFC (Trabalho final de curso). Diante do aceite e autorização para a realização deste trabalho, realizou-se uma segunda visita com o intuito de conhecer a área fabril da empresa a fim de entender todo o processo produtivo. Na ocasião foi avaliado em conjunto com alguns colaboradores sobre possíveis oportunidades de melhoria, quando o item 7K3926 estava em processo. Avaliando histórico do mesmo, constatou-se a possibilidade e oportunidade de desenvolver melhorias no processo de produção, principalmente pelo tempo de manufatura que era elevado, pois com o dispositivo utilizado, era possível a produção de duas peças por operação.

Através do acompanhamento da produção de algumas peças foi possível confirmar a baixa produtividade na fabricação e o elevado tempo de *set up* no processo, conforme Figura 12.

Diante das observações, foi possível considerar algumas possibilidades de melhoria para este processo. Sendo assim foi realizado algumas pesquisas sobre o que poderia ser apresentado como melhor alternativa para se obter ganho de produtividade no processo. Posterior a isto em uma conversa com o proprietário foi apresentado a possibilidade do desenvolvimento e implementação de um novo dispositivo para a manufatura do item.

Com o aceite da proposta pelo proprietário, então em conjunto foi desenvolvido um novo conceito de dispositivo, o qual possibilita alocar um maior número de peças para atender as necessidades de fabricação. Atendendo a demanda que gira em torno de 400 peças/ ano, diminuindo assim o tempo de *set up*, estimando obter ganho de produtividade e consequentemente aumento da lucratividade.

3.1.2 Medição dos tempos e descrição do processo

Após aceita a proposta de desenvolvimento e implementação do dispositivo, realizaram-se visitas e acompanhamento na produção do item. Foi possível a cronometragem da atividade em estudo através de filmagens das etapas desenvolvidas para posterior análise, conforme Figuras 20 e 21. Sendo possível analisar todo o processo desde a preparação do ferramental, instalação do mesmo no CNC (*Computer Numeric Control*, bem como comando numérico computadorizado), parametrização do dispositivo e pôr fim a usinagem do item.

3.1.3 Planejamento do Dispositivo

Após o conhecimento do processo, dispositivo utilizado, filmagem dos tempos da atividade em estudo. Foi desenvolvida a nova proposta do dispositivo no SolidWorks, simulando a montagem das peças sobre o novo ferramental, com a finalidade de verificar possíveis interferências e folgas na montagem. Neste momento também se definiu o tipo de material a ser utilizado para a fabricação do dispositivo.

3.1.4 Desenvolvimento do Dispositivo e testes

Após o desenvolvimento do desenho, escolha do material, simulação de montagem, foi realizada a fabricação do dispositivo e os testes de montagem. Após a realização dos testes, o dispositivo foi encaminhado até a máquina para a produção de um primeiro lote.

Durante a produção do lote piloto pode-se ter uma visão de ganho de produtividade. Também foram realizadas as medições das peças produzidas e comparadas com o desenho técnico para certificação de que o dispositivo está adequado e que é capaz de entregar as peças com a qualidade esperada e dentro das especificações do projeto.

Após os testes e evidenciado que o dispositivo estava apto e que atende ao esperado o mesmo foi aprovado e liberado para a manufatura.

3.1.5 Obtenção dos Resultados

Após todas as etapas anteriores, foi novamente acompanhada a produção do item já com o dispositivo novo, sendo realizadas as medições do tempo de produção através de filmagens, obtendo-se uma nova coleta de dados.

Após coleta de dados, para análise dos mesmos, foi utilizada a interpretação quantitativa, com elaboração de planilha de Excel contendo os dados coletados e gráficos gerados que estão apresentados nos resultados conforme as Figuras 19, 20 e 21.

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa-ação, pois o pesquisador está diretamente ligado com a pesquisa, propondo assim propostas que evidenciam a viabilidade do projeto.

Thiollent (1988), define pesquisa- ação sendo um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada com uma ação ou com a resolução de um problema, no qual o pesquisador e participantes estão envolvidos de modo cooperativo e participativo.

A pesquisa-ação apresenta cinco passos fundamentais, sendo: planejamento da pesquisa (definição do contexto e propósito, definição conceitual-teórica, seleção de unidade de análise e técnicas de coleta de dados), coleta de dados, análise de dados, tomada de ação e avaliação da ação (MIGUEL, 2010).

Na pesquisa-ação, o termo pesquisa se refere a produção do conhecimento e o termo ação se refere a uma modificação intencional de uma determinada realidade. A pesquisa-ação é a produção de conhecimento que guia a prática, com a modificação de uma realidade ocorrendo como parte do processo de pesquisa. Nesse método de pesquisa, o conhecimento é produzido e a realidade é modificada, cada um ocorrendo devido o outro (OQUIST apud MIGUEL 2010).

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se dos seguintes materiais e equipamentos:

- Uso de celular para filmagem e cronometragem do tempo;
- Uso de computador com softwares SolidWorks e Visi e planilhas de Excel;
- Chapa de aço, parafusos e pinos guia;
- Máquina CNC (VMC 1066).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa estudada está inserida no mercado de prestação de serviços há 19 anos, ela foi criada em março de 2000, pelo Sr. Arlindo Theo Stamm, que após ser desligado da empresa John Deere por motivo de aposentadoria, decidiu de não parar com suas atividades profissionais. A partir de sua decisão iniciou seu próprio negócio voltado para atividades de prestação de serviços de manutenção, recondicionamento e instalação de máquinas industriais. Com nome de SR Máquinas a empresa iniciou suas atividades nos fundos de um prédio locado, na Rua Uruguai nº. 457 uma área de 20 metros quadrados.

Em 2004 a empresa fez a aquisição de algumas máquinas operatrizes: dois tornos e uma fresadora convencional. Com aquisição destas máquinas, passou a oferecer alguns serviços de usinagem. Para que estas máquinas fossem instaladas teve necessidade de um espaço maior e então mudou-se para o endereço na Rua Uruguai nº. 367, com um prédio locado em uma área total de 280 metros quadrados. A prestação de serviço neste ramo foi com base na sua experiência profissional de mais de vinte e cinco anos de atuação na área, que aos poucos foi crescendo e conquistando cada vez mais clientes.

Já em 2009 a empresa começa a mudar o foco de seus serviços, porém permanece atuando no ramo metal mecânico, mas apenas na prestação de serviços na usinagem de peças, fabricação de dispositivos e no atendimento a não conformidade de clientes. A partir deste momento com a ausência do proprietário fundador passam a assumir a empresa os dois filhos como sócios proprietários, mudando o nome para M.R. Stamm & Cia Ltda, permanecendo SR Máquinas como fantasia para não perder totalmente sua identidade.

Com a ampliação dos serviços e aquisição de novas máquinas a empresa muda seu endereço para a Rua Piratini nº 470, onde sua capacidade instalada é de aproximadamente 800 metros quadrados sendo em um prédio locado, conta com um quadro de 31 colaboradores, além dos proprietários, na Figura 7, imagem da vista frontal da empresa.

Figura 7 - Vista externa da empresa SR Máquinas

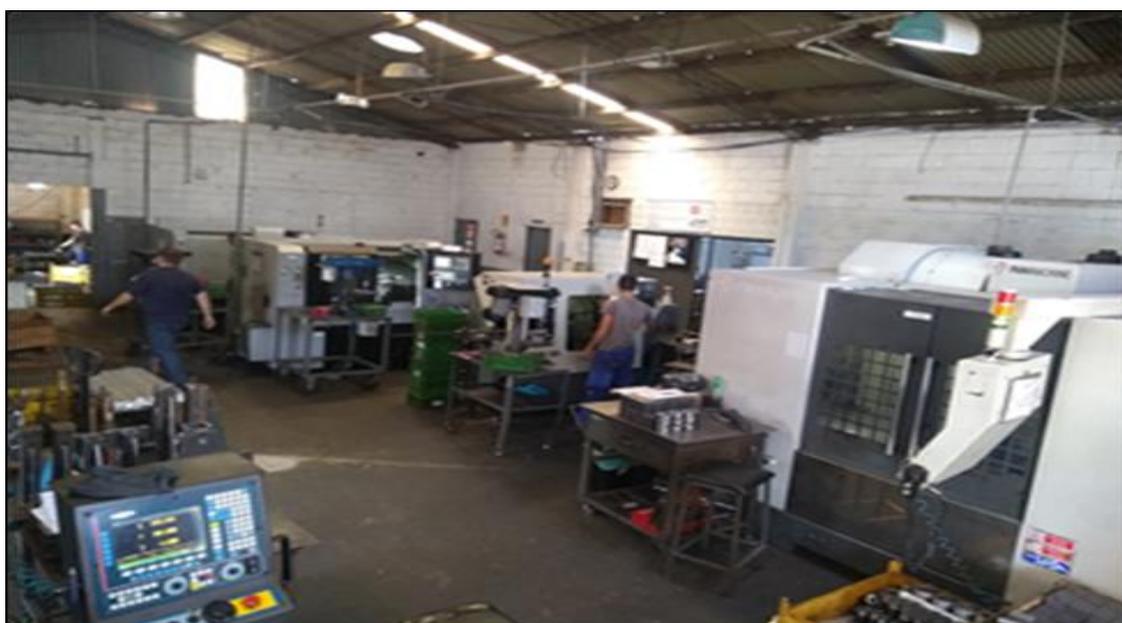


Fonte: Autor (2019)

A Figura 7 mostra a vista frontal da empresa, sendo esta a visão principal de chegada. Segundo os sócios proprietários, a estratégia é de investir em novas tecnologias ao invés de campanhas de marketing, também o prédio é alugado o que no qual investir resultaria em ganhos somente em curto prazo.

Já na Figura 8, tem-se a imagem interna da empresa especificamente no setor de usinagem, demonstrando basicamente as máquinas CNC.

Figura 8 – Foto interna da empresa



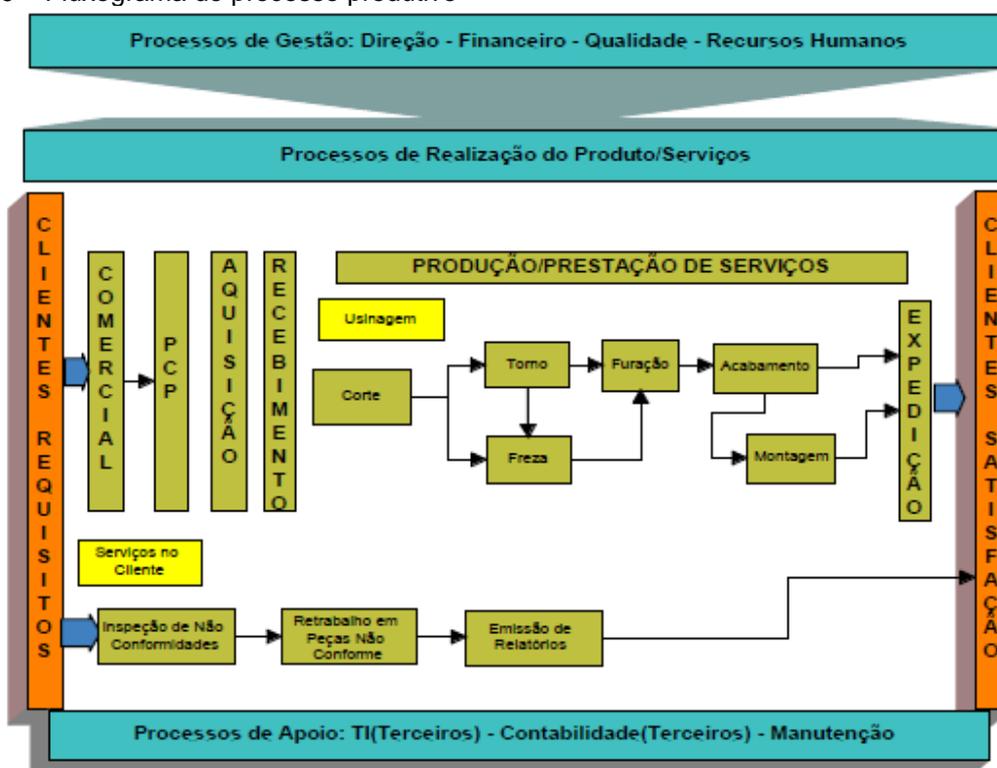
Fonte: Autor (2019)

A Figura 8 ilustra o setor de usinagem CNC, mostra como as máquinas estão organizadas e dispostas no prédio caracterizando o *layout* atual. Desta forma tem uma melhor organização da produção, sendo que as fresadoras estão uma de frente para a outra e os tornos próximo uns dos outros, sendo assim facilita a cooperação e produtividade dos colaboradores.

O organograma da empresa pode ser visualizado no Apêndice A, onde o mesmo demonstra como a empresa está estruturada com seus processos. A Direção está no topo e é responsável por controlar todos os processos e a qualidade de seus serviços e produtos. Já os processos comercial, industrial, administrativo, financeiro e serviços ao cliente estão subdivididos, para estruturar a empresa da melhor forma possível, sendo este o processo definido como ideal pela direção da empresa para atender suas necessidades e demandas.

Até então o processo de produção da empresa está dividido em usinagem CNC, convencional e ferramentaria. Basicamente consiste na montagem e manutenção de dispositivos, prestação de serviços relacionados a qualidade e retrabalhos em peças de clientes que apresentam algum tipo de não conformidade.

Figura 9 – Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Adaptado pelo autor (2019)

A Figura 9 representa como a empresa está estruturada, ela detalha o passo a passo de como acontecem os processos, desde o contato com os clientes, recebimento dos pedidos, planejamento, fabricação, entrega do produto acabado e a satisfação dos clientes.

Neste contexto é relevante a verificação dos tempos de processamento para os furos do mancal, objeto em estudo, pelo processo de usinagem, o qual é realizado na máquina CNC VMC 1066 conforme ilustra a Figura 10, bem como tempos de *set up*.

Figura 10 – Máquina CNC VMC 1066



Fonte: Autor (2019)

A máquina representada na Figura 10, trabalha na manufatura sendo operada por dois colaboradores que são divididos em dois turnos de trabalho. Para a realização deste trabalho de pesquisa, foram realizadas as medições anteriores de preparação do ferramental, montagem do ferramental na máquina, tempo e quantas vezes a máquina troca de ferramenta em um lote de 100 peças e parametrização do dispositivo.

A Figura 11 mostra o dispositivo antigo, o qual é utilizado para a manufatura do item, percebe-se que o mesmo possui capacidade de alocar apenas duas peças por operação.

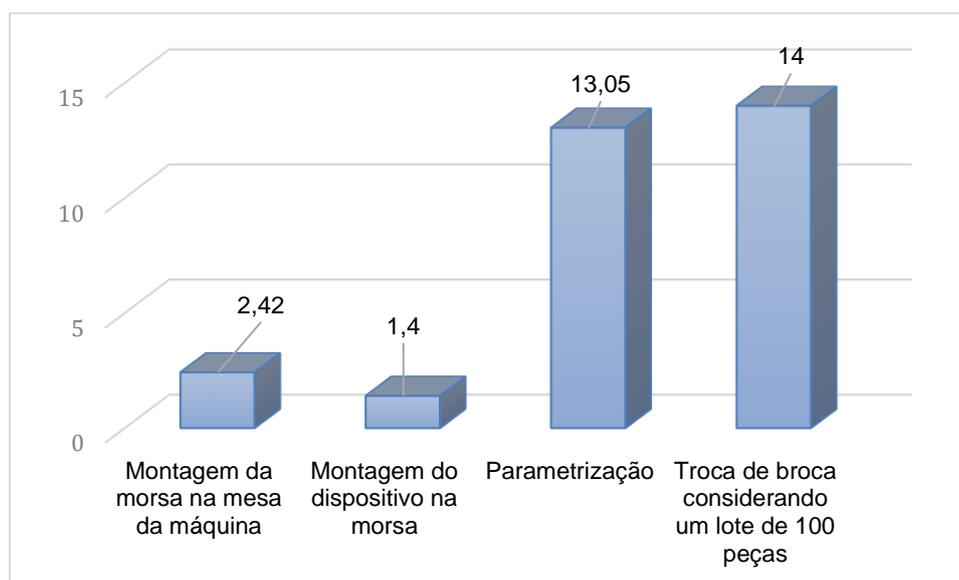
Figura 11 – Dispositivo antigo



Fonte: Autor (2019)

Os tempos foram filmados e cronometrados pelo acadêmico durante a verificação do processo, onde o colaborador da empresa desenvolveu o mesmo desde a preparação do dispositivo até a manufatura da peça.

Na Figura 12 estão apresentados os dados coletados em relação ao tempo de *set up*, já os tempos de operação (produção), estão apresentados na Figura 15.

Figura 12 – Gráfico tempo de *set up* anterior (minutos)

Fonte: Autor (2019)

Para realizar a produção do item na máquina CNC, é fixado uma morsa na mesa da máquina inicialmente. Após isso o dispositivo de furação é fixado nesta mesma morsa, só então é possível realizar a fixação das peças no dispositivo para início da operação. Por último é realizada a parametrização, quando é definido o ponto zero do gabarito. Neste processo considera-se o tempo atual de *set up* que é de 30,87 minutos, após a conclusão destas atividades inicia-se o processo de manufatura do produto em estudo.

Para realizar a fabricação do item, é necessário seguir os seguintes processos:

- O operador necessita fixar as duas peças a serem processadas, no dispositivo;
- Selecionar o programa específico para operação no sistema da máquina;
- Fechar a porta da máquina para poder liberar seu funcionamento em função dos sensores da mesma;
- Acionar a máquina para iniciar a operação com base no programa selecionado.

No processo da manufatura, a máquina realiza a primeira furação com uma broca de centro, ferramenta utilizada para criar um guia para a furação, conforme Figura 13.

Figura 13 – Broca de centro



Após concluir os quatro furos a máquina por possuir um sistema CNC, realiza a troca da broca utilizando uma broca de aço rápido (HSS), representada na Figura 14. Na sequência ela realiza as quatro furações já demarcadas pela broca de centro na peça, atendendo assim a furação especificada em desenho. Após concluído este processo, o operador necessita abrir a porta da máquina, retirar as peças do dispositivo e fixar mais duas peças e reiniciar o processo novamente e assim sucessivamente até concluir o lote a ser produzido.

Figura 14 – Broca aço rápido HSS

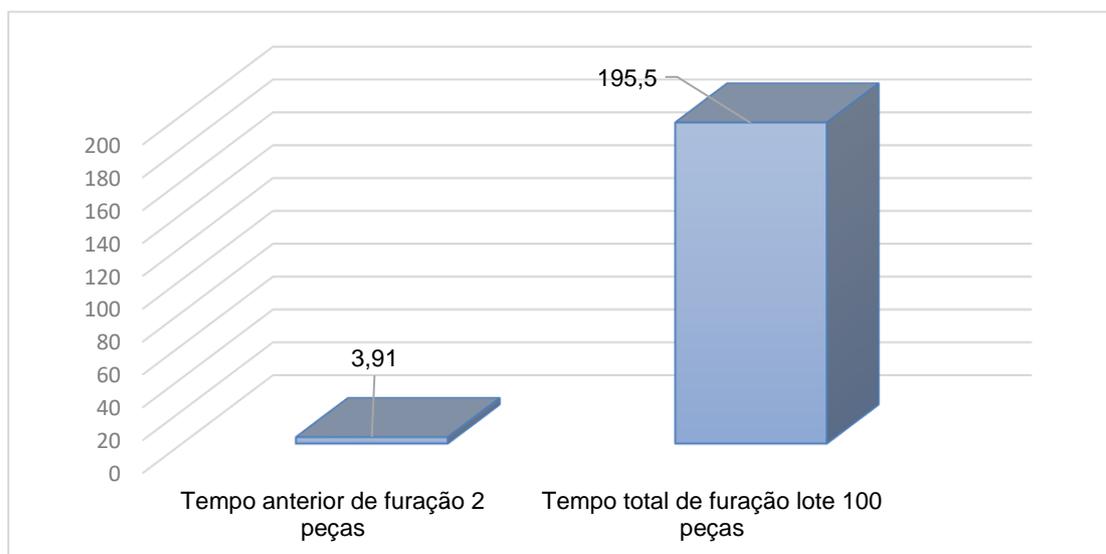


Fonte: Autor (2019)

Após concluído este processo de furação, o operador necessita abrir a porta da máquina, retirar as peças do dispositivo. Após esta operação, volta a fixar mais duas peças e reiniciar o processo novamente e assim sucessivamente até concluir o lote a ser produzido, sempre observando o sequenciamento do processo já exposto aqui.

A Figura 15 ilustra o tempo de furação de uma operação com duas peças e também o tempo total para um lote de 100 peças.

Figura 15 – Gráfico tempo anterior de operação (minutos)



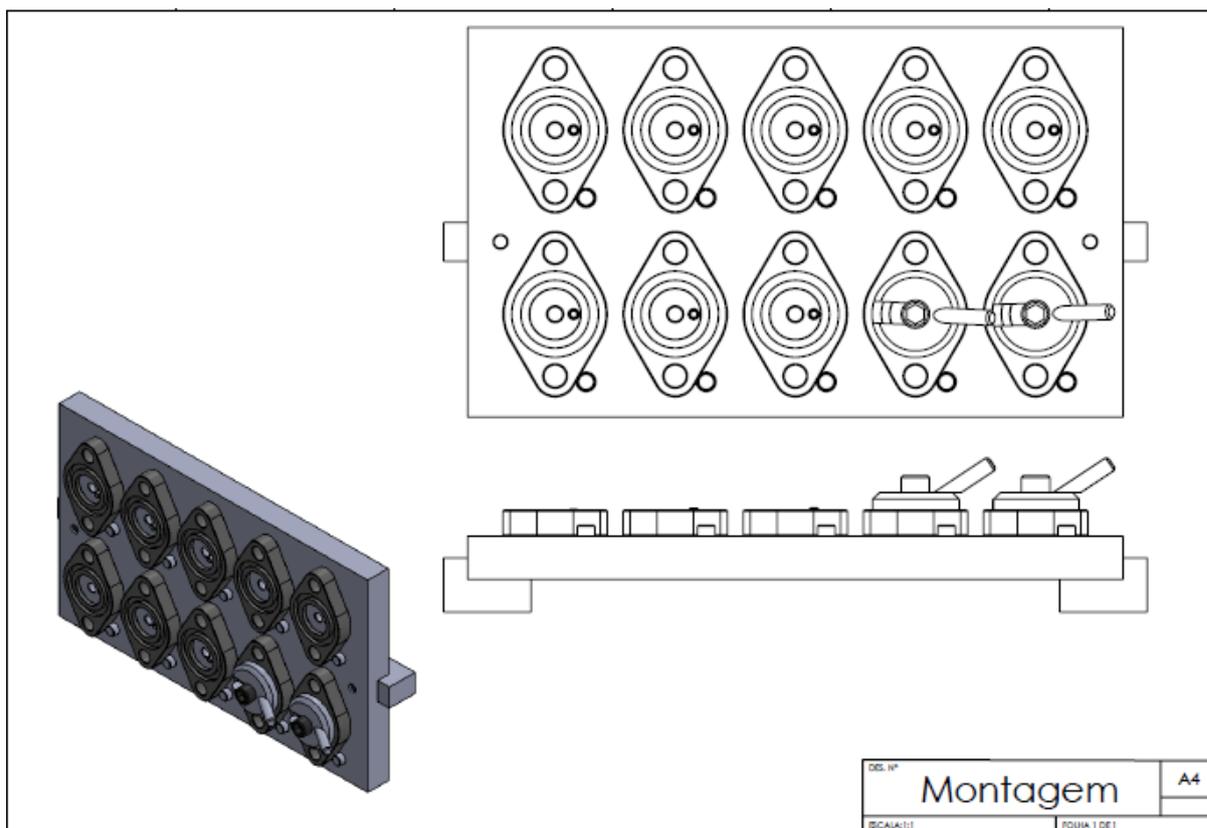
Fonte: Autor (2019)

As ferramentas utilizadas neste processo necessitam de duas trocas por operação a cada dois itens produzidos. Isso ocorre pois o dispositivo atual permite fixar apenas duas peças por operação. No caso de considerar um lote de 100 peças, é necessário a troca da broca 100 vezes, o que eleva o tempo de operação para 195,5 minutos. Conforme análise realizada, então para produzir um lote de 100 peças no processo atual, considerando os processos de *set up* e de operação, leva-se 3,77 horas para concluir o processamento das peças. Comparando custos, demandas e movimentações, considera-se um tempo muito elevado para esta operação, podendo inviabilizar o item.

4.2 PROJETO DO DISPOSITIVO

Para o desenvolvimento do projeto para um novo dispositivo, foi realizado um desenho técnico através do software Solidworks, conforme representado na Figura 16. Este surge com base em análises feitas pela empresa onde aponta que esta proposta tem certa viabilidade financeira e técnica de execução com base na demanda prevista pelo histórico do item. Dados desta definição estão apresentados no decorrer desta pesquisa.

Figura 16 – Desenho do dispositivo



Fonte: Adaptado pelo autor (2019)

Para que fosse possível a fabricação do dispositivo, foi projetado a base do dispositivo, e todos os componentes necessários para realizar a fixação do mesmo na mesa da máquina e também dos componentes para fixar as peças no dispositivo.

No Apêndice B pode ser encontrado o detalhamento do desenho técnico com suas dimensões e demais especificações para construção.

4.3 ORÇAMENTO PARA FABRICAÇÃO DO DISPOSITIVO

Para que fosse possível realizar a fabricação do dispositivo, foi necessário um investimento de R\$ 538,60, todos os custos dos materiais utilizados para fabricação do dispositivo, bem como projeto e mão de obra estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Gasto para fabricação

Material	Quantidade	Valor	Total
Projeto/ Fabricação	1	420	420
Aço 1020	1	80	80
Pinos guia grande	10	0,75	7,5
Pinos guia pequeno	10	0,75	7,5
Parafusos	12	0,3	3,6
Barra 1020	1	20	20
Total	35	521,8	538,6

Fonte: Autor (2019)

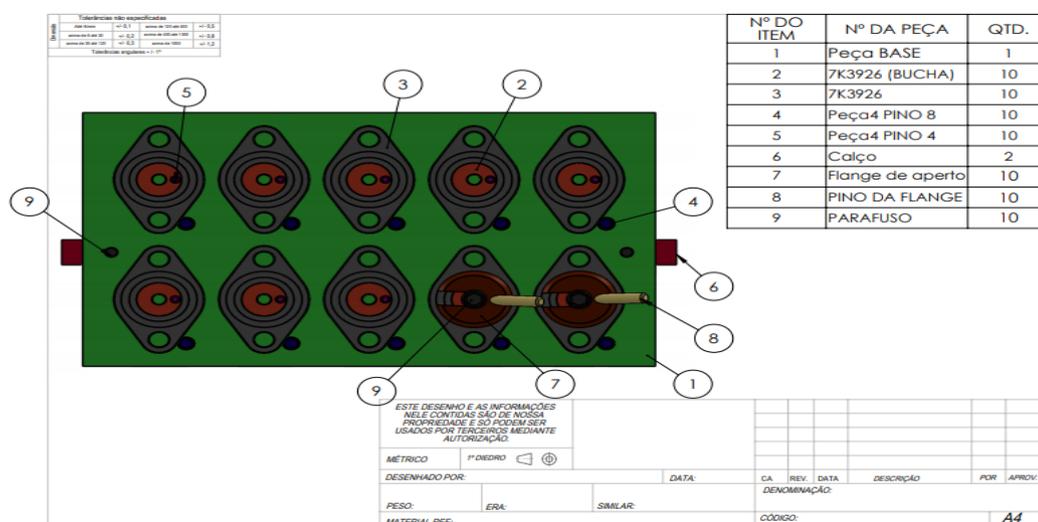
Nestes investimentos estão inseridos mão de obra para o projeto da ferramenta, usinagem e montagem do dispositivo, também estão inseridos os gastos com parafusos, os quais foram comprados.

4.4 MANUFATURAR O DISPOSITIVO

Para a fabricação do dispositivo foi necessário realizar a usinagem da base de aço para deixá-la com uma boa planicidade, bem como a fabricação de todos os outros componentes, exceto os parafusos que foram comprados. A Figura 17 ilustra o projeto em 3D do novo dispositivo com sua respectiva lista de materiais utilizados para a fabricação do mesmo.

Já no Apêndice B, o desenho está representado detalhado e em 2D, sendo que nele estão as principais cotas utilizadas para a manufatura do mesmo.

Figura 17 – Novo dispositivo em 3D



Fonte: Adaptado pelo autor (2019)

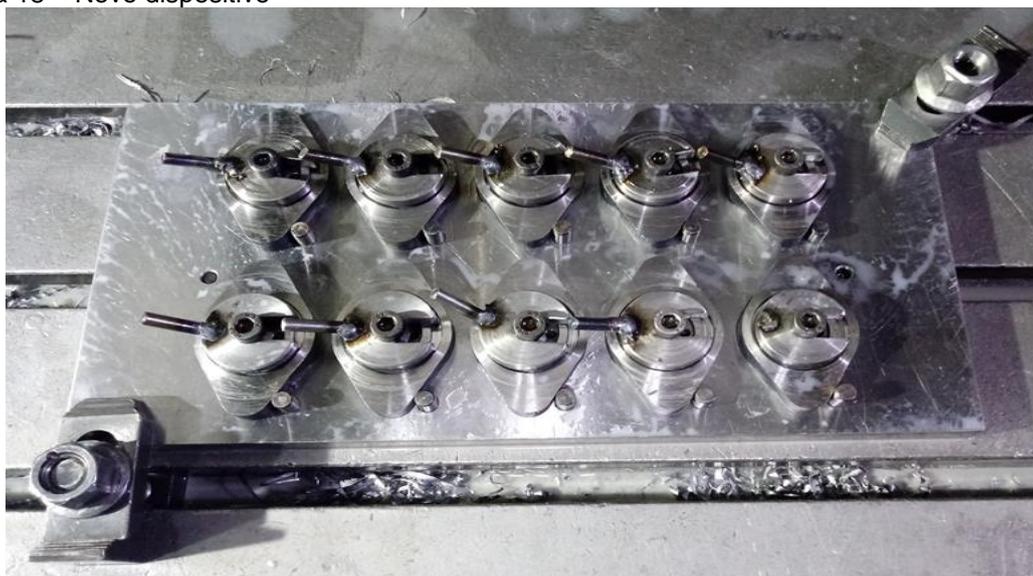
Conforme Figura 17, o novo dispositivo é composto pelos seguintes componentes:

- Base de aço (1);
- Buchas para fixação das peças (2);
- Peça 7K3926 (3);
- Pinos que servem para não deixar as peças se movimentarem durante a usinagem (4);
- Parafusos de fixação das buchas (5);
- Calço guia para fixar a base na mesa do dispositivo (6);
- Flange de aperto (7);
- Pino da flange de aperto (8);
- Parafuso da flange de aperto (9).

A empresa tendo uma condição técnica com base em equipamentos e máquinas deu conta de executar ela mesma todo desenvolvimento do ferramental. A matéria prima escolhida para a fabricação do dispositivo foi o aço 1020. O principal motivo da escolha desta matéria prima, é por ser um aço com um custo menor e fácil disponibilidade.

A Figura 18 mostra o novo dispositivo, fixo na mesa da máquina e já com as peças montadas e prontas para serem manufaturadas.

Figura 18 – Novo dispositivo



Fonte: Autor (2019)

Para realizar a fabricação e montagem do dispositivo, o tempo gasto foi de aproximadamente 4 horas de trabalho. Já os parafusos para fixação foram adquiridos também com recurso da própria empresa.

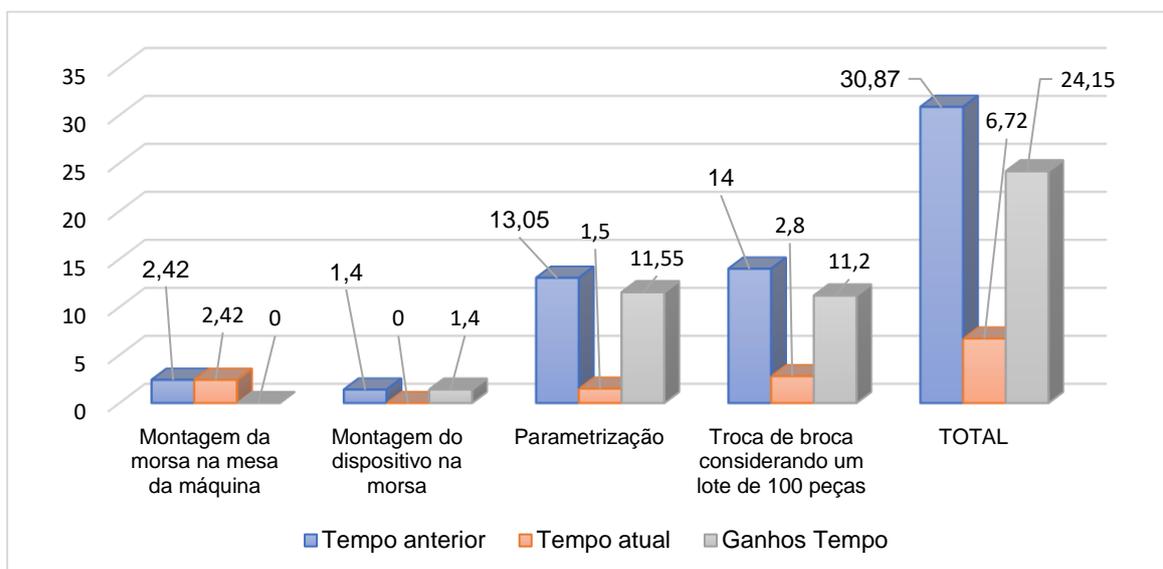
Conforme o dispositivo anterior representado pela Figura 11, o mesmo possibilita acondicionar apenas duas peças por vez, sendo que o novo dispositivo representado na Figura 18 permite 10 peças por vez, sendo assim fica nítido o ganho de produtividade para a manufatura do item em estudo. Este ganho de produtividade também é devido a eliminação do processo de montagem do dispositivo anterior na morsa, pois agora o dispositivo é montado diretamente na mesa da máquina, e também nos tempos de *set up* e de parametrização.

4.5 PROCESSO APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO DISPOSITIVO

Após a implementação do dispositivo, o mesmo foi testado e validado com base em questões de funcionalidade, pode-se assim descrever novamente o processo de fabricação do item. Novas medições do tempo de *set up* e de operação foram realizadas para então poder confrontar com os tempos anteriores e mensurar o que melhorou com a implementação. Sendo assim foi possível verificar se se obteve ganho ou não de produtividade no processo. Este comparativo de informações da evolução do processo pode ser verificado na Tabela 4 e Figura 19.

Primeiramente o operador necessita efetuar um deslocamento na área de trabalho até o local de armazenamento para buscar o dispositivo quando não está sendo utilizado. Fixá-lo na mesa da máquina CNC, após esta operação é necessário preparar as ferramentas na máquina e posicionar as brocas no cabeçote da máquina. A atividade posterior consiste em realizar a parametrização do dispositivo, ajustando o ponto zero do mesmo para que as peças quando forem fabricadas atendam ao especificado não gerando não conformidades.

A Figura 19 ilustra a comparação do tempo de *set up* anterior *versus* posterior a implementação do novo dispositivo.

Figura 19 – Gráfico tempos de *set up* anterior x posterior (minutos)

Fonte: Autor (2019)

Conforme Figura 19, é evidente o ganho de eficiência no tempo de *set up* de cada atividade, percebe-se o ganho na troca de ferramenta, ou seja, na troca de broca por operação, visto que o tempo anterior era de 14 minutos e que o dispositivo permitia acondicionar apenas duas peças a cada vez, sendo então necessário a troca de ferramenta duas vezes por operação. Já no processo atual, ainda é necessário realizar a troca de ferramenta duas vezes a cada operação, porém como o dispositivo suporta 10 peças por vez, é necessário a troca de ferramenta apenas 20 vezes para um lote de 100 peças, com isso o tempo deste processo foi reduzido de 14 minutos para 2,8 minutos.

O tempo de parametrização anterior era de 13,05 minutos, já o tempo atual, após a implementação do dispositivo é possível perceber que baixou para 1,5 minutos.

Os tempos de montagem da morsa na mesa da máquina CNC do processo anterior não alterou com o novo processo de montagem do dispositivo na mesa da máquina, sendo assim o tempo continua sendo de 2,42 minutos, não havendo ganho de produtividade nesta atividade.

Obteve-se ganho também devido a eliminação da atividade de montagem do dispositivo da morsa o qual era de 1,4 minutos. Estas percepções podem ser confirmadas se retornar na pesquisa e verificar a Figura 12 já apresentada.

Portanto ficou evidente que o ganho total de produtividade no tempo de *set up* após a implementação do novo dispositivo foi de 24,15 minutos, sendo que o tempo anterior era de 30,87 minutos e com a implementação reduziu-se este tempo para 6,72 minutos, conforme Tabela 2 e Figura 20.

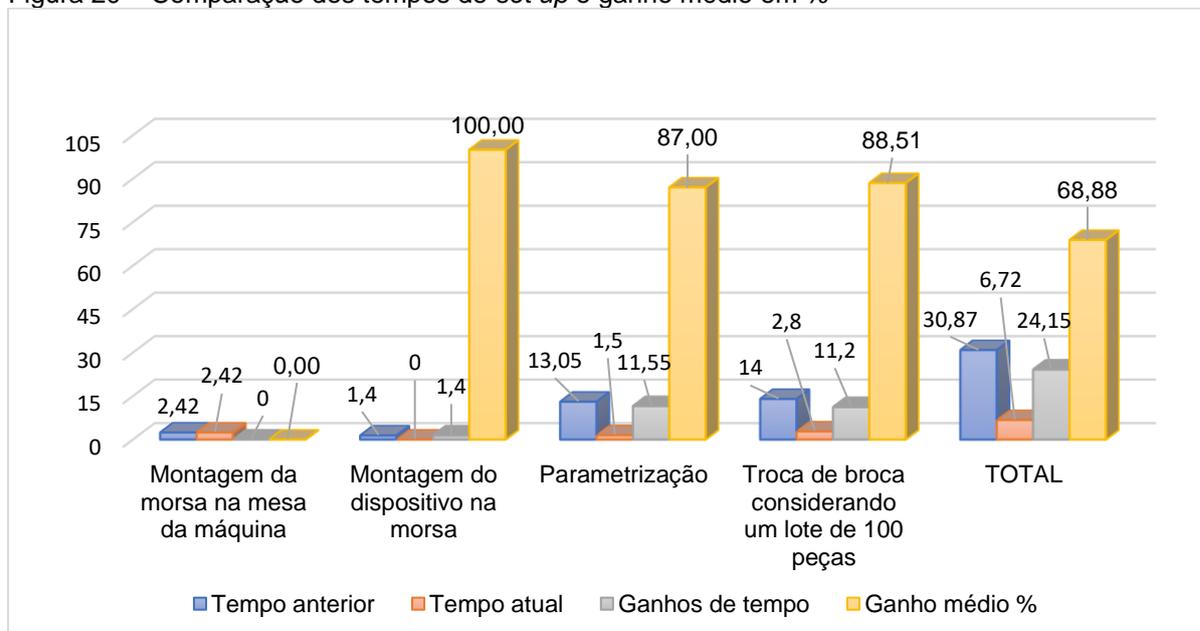
Tabela 2 – Tabela 2: Comparação dos tempos de *set up* anterior x posterior e ganho médio em %.

COMPARAÇÃO DOS TEMPOS DE SET UP				
Descrição	Tempo anterior	Tempo atual	Ganhos Tempo	Ganho médio %
Montagem da morsa na mesa da máquina	2,42	2,42	0	0,00
Montagem do dispositivo na morsa	1,4	0	1,4	100,00
Parametrização	13,05	1,5	11,55	87,00
Troca de broca considerando um lote de 100 peças	14	2,8	11,2	88,51
TOTAL	30,87	6,72	24,15	68,88

Fonte: Autor (2019)

A Tabela 2 representa os tempos totais de *set up* anterior, posterior, e comprova-se um ganho médio é 68,88%, como também pode ser visualizado na Figura 20.

Figura 20 – Comparação dos tempos de *set up* e ganho médio em %

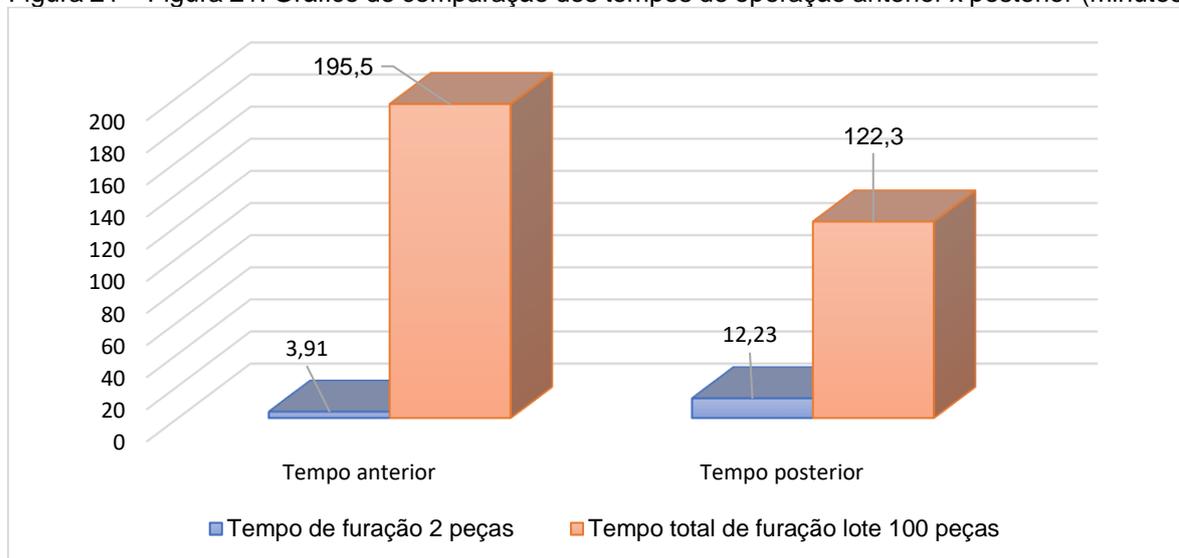


Fonte: Autor (2019)

Além da Tabela 2 demonstrar os ganhos nos tempos de *set up*, na Figura 20 está demonstrado graficamente estes ganhos no processo.

Considerando apenas o tempo de operação, ou seja, o tempo para manufaturar o item, também é possível perceber um ganho significativo de tempo conforme a Figura 21.

Figura 21 – Figura 21: Gráfico de comparação dos tempos de operação anterior x posterior (minutos)



Fonte: Autor (2019)

Percebe-se que no processo anterior o tempo para usinar duas peças era de 3,91 minutos, já com a implementação do novo dispositivo e como o mesmo foi projetado para acondicionar 10 peças, o tempo é de 12,23 minutos, por isso do tempo ser superior ao anterior.

Sendo assim, considerando um lote de 100 peças a serem manufaturadas, no processo anterior o tempo era de 195,5 minutos, já com o novo projeto o tempo passou a ser de 122,3 minutos.

A Tabela 3 ilustra o ganho total de tempo bem como o percentual no tempo de manufatura para um lote de cem peças.

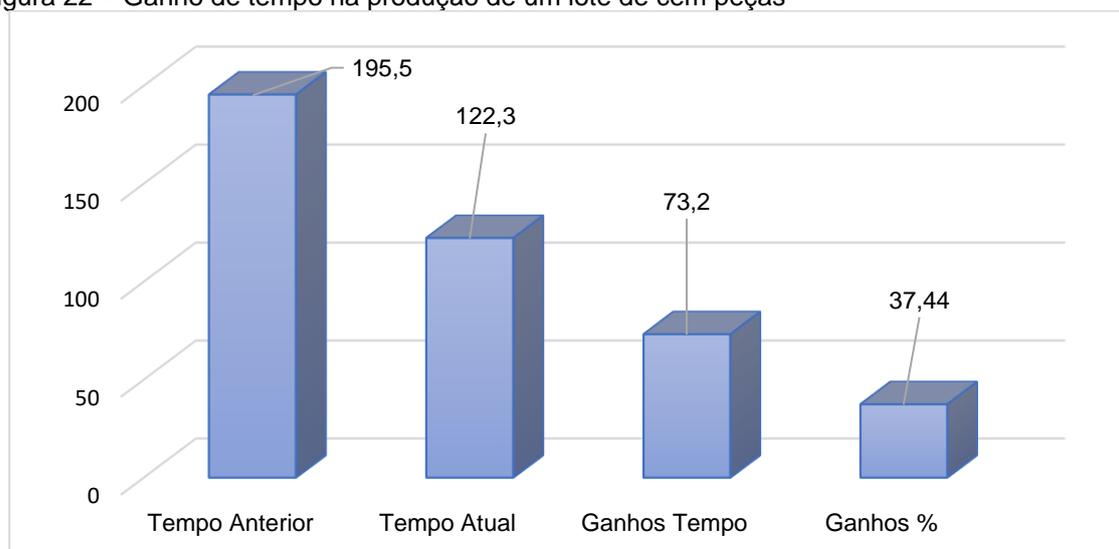
Tabela 3 – Ganho de tempo e de percentual na produção de cem peças

GANHO DE TEMPO NA PRODUÇÃO DE UM LOTE DE 100 PEÇAS				
Descrição	Tempo Anterior	Tempo Atual	Ganhos Tempo	Ganhos %
Tempo total de furação lote 100 peças	195,5	122,3	73,2	37,44

Fonte: Autor (2019)

Conforme Tabela 3, o ganho total foi de 73,2 minutos, o equivalente a 37,44%, bem como a Figura 22 ilustra também.

Figura 22 – Ganho de tempo na produção de um lote de cem peças



Fonte: Autor (2019)

A Figura 22 demonstra graficamente os ganhos obtidos após a implementação do dispositivo, está demonstrando os ganhos em minutos e em percentual.

É possível verificar na Tabela 4 o tempo total do processo de manufatura do item, somados os tempos de *set up* e o tempo de produção.

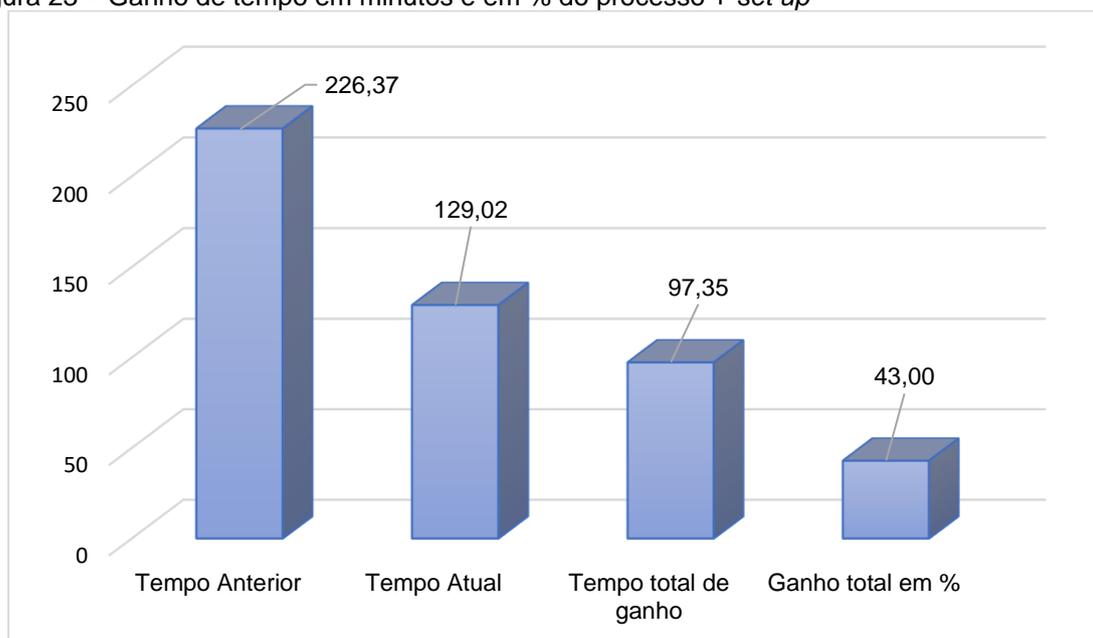
Tabela 4 – Tempo total de processo anterior x posterior

TEMPO TOTAL DE PROCESSO + SET UP			
Tempo Anterior	Tempo Atual	Tempo total de ganho	Ganho total em %
226,37	129,02	97,35	43,00

Fonte: Autor (2019)

Na Tabela 4, é possível verificar que o tempo anterior do processo como um todo era de 226,37 minutos. Já no tempo atual após a implementação do dispositivo, este tempo foi reduzido para 129,02 minutos, obtendo-se assim um ganho de tempo de 97,35 minutos, que também está representado na Figura 23.

Figura 23 – Ganho de tempo em minutos e em % do processo + set up



Fonte: Autor (2019)

Desta forma neste capítulo podem ser identificadas as formas de coleta de dados bem como geração de informações, apontando como uma efetiva ação de melhoria para o item objeto de estudo.

CONCLUSÃO

De uma forma geral o ramo metal mecânico está passando por um período turbulento e de instabilidade, percebe-se que o cenário nacional é de insegurança. Deste modo a empresa em estudo acaba sendo afetada diretamente devido seus clientes estarem reduzindo seus estoques e pedidos, conseqüentemente os lotes de produção e quantidades produzidas estão diminuindo. O ramo de usinagem é um setor muito competitivo, é neste sentido que toda e qualquer melhoria é bem vinda e de alta relevância, desta forma ajudando a empresa a cada dia se tornar mais competitiva neste mercado tão acirrado que se encontra e assim ser capaz de dar respostas mais rápidas a seus clientes.

A empresa SR Máquinas, está sempre investindo em novas tecnologias de máquinas e ferramentas de alta competitividade, tendo como objetivo a execução dos seus serviços com qualidade. A empresa também investe em treinamentos para seus funcionários, fazendo com que os mesmos tenham conhecimento, habilidades e que estejam qualificados para operar as máquinas e realizar a produção com mais rapidez e qualidade.

Em vista disso o presente trabalho teve como proposta o desenvolvimento e implementação de melhoria no processo de usinagem na empresa em questão, de forma a obter ganho de produtividade. Destaca-se que os objetivos deste estudo foram alcançados conforme item 4.5.

O primeiro objetivo específico deste trabalho foi planejar e projetar um dispositivo para atender a demanda e fazer que, com a implementação deste dispositivo a empresa teria um ganho em produtividade no processo, visto que havia uma determinada capacidade e esta por sua vez foi aumentada em quatro vezes a anterior.

O segundo objetivo teve como atividade a definição da lista de materiais a serem utilizados na fabricação do dispositivo, bem como realizar orçamento dos itens necessário e também de fabricação.

O terceiro objetivo foi manufaturar o gabarito, testar e validar se o mesmo estava atendendo as especificações do projeto, sendo que a validação se deu a partir da qualidade das peças produzidas.

O quarto e último objetivo específico teve como atividade realizar a comparação dos tempos anteriores com os tempos após a implementação do novo dispositivo, conforme evidenciado no item 4.5.

Diante disso, o presente trabalho atingiu todos os objetivos propostos, principalmente o ganho em produtividade no processo de usinagem do item estudado. Com a implementação do novo dispositivo para a manufatura do item, evidencia-se e comprova-se que a empresa teve um ganho total de 43% de produtividade, sendo que o objetivo deste trabalho era obter um ganho de 30%.

Comprova-se com este percentual de ganho que a empresa fica mais competitiva e com maior capacidade de atender e entregar sua produção com mais agilidade e dentro dos prazos estipulados.

A realização deste estudo foi de suma importância para a empresa estudada, pois ficou evidenciado que é possível realizar melhorias e desenvolver métodos para a otimização dos processos de produção sem grandes investimentos.

Para o acadêmico fica o aprendizado e a experiência obtida com a realização deste estudo. Ao longo do trabalho o aprofundamento teórico/prático adquirido no decorrer do curso de Engenharia de produção pode ser aplicado no desenvolvimento deste projeto, contribuindo assim para o desempenho e crescimento da empresa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Processos de usinagem**: utilização e aplicações das principais máquinas operatrizes. São Paulo: Érica, 2015.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BRAGA, C. E. **Gestão da Produtividade, Sistema de Gestão e Vantagem Competitiva**. 2000. Disponível em: <www.geranegocio.com.br>. Acesso em: 29 out. 2019.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações**. Rio de Janeiro: Atlas, 2017. Disponível em: <<http://fahor.com.br/totvs/?biblioteca&isbn=9788597013153>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ELLER, Daniel: **Como o Sistema One Piece Flow pode agilizar sua linha de produção?** São Paulo. Disponível em: <<https://velki.com.br/pt/blog/novidades/como-o-sistema-one-piece-flow-pode-agilizar-sua-linha-de-producao->>. Acesso em 30 out. 2019.

GAITHER N.; FRAZIER, Greg. **Administração da Produção e Operações**. 8 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

HARMON, ROY L.; PETERSON, LEROY D. **Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática**, Rio de Janeiro: Campus. 1997.

LAKATOS, E. M.; MARCONI. M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, Petrônio Garcia e LAUGENI, Fernando Pietro. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

NUNES, Larissa: **Heijunka: o que é? Saiba como fazer um nivelamento de produção**: 2019. Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/heijunka>>. Acesso em 30 out. 2019.

RAMO, SIMON. **The management of innovative technological corporations**. A WileyInterscience Publication. John Wiley & Sons, Inc 1980.

RIBEIRO, Paulo Décio. **Kanban**: Resultados de uma implantação bem sucedida. 4. ed. Rio de Janeiro: COP, 1989.

ROCHA, Alisson Machado, ABRÃO, Alexandre Mendes, COELHO, Reginaldo Teixeira, SILVA, Márcio Bacci. **Teoria da usinagem dos materiais**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2015.

ROTHER, Mike, SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

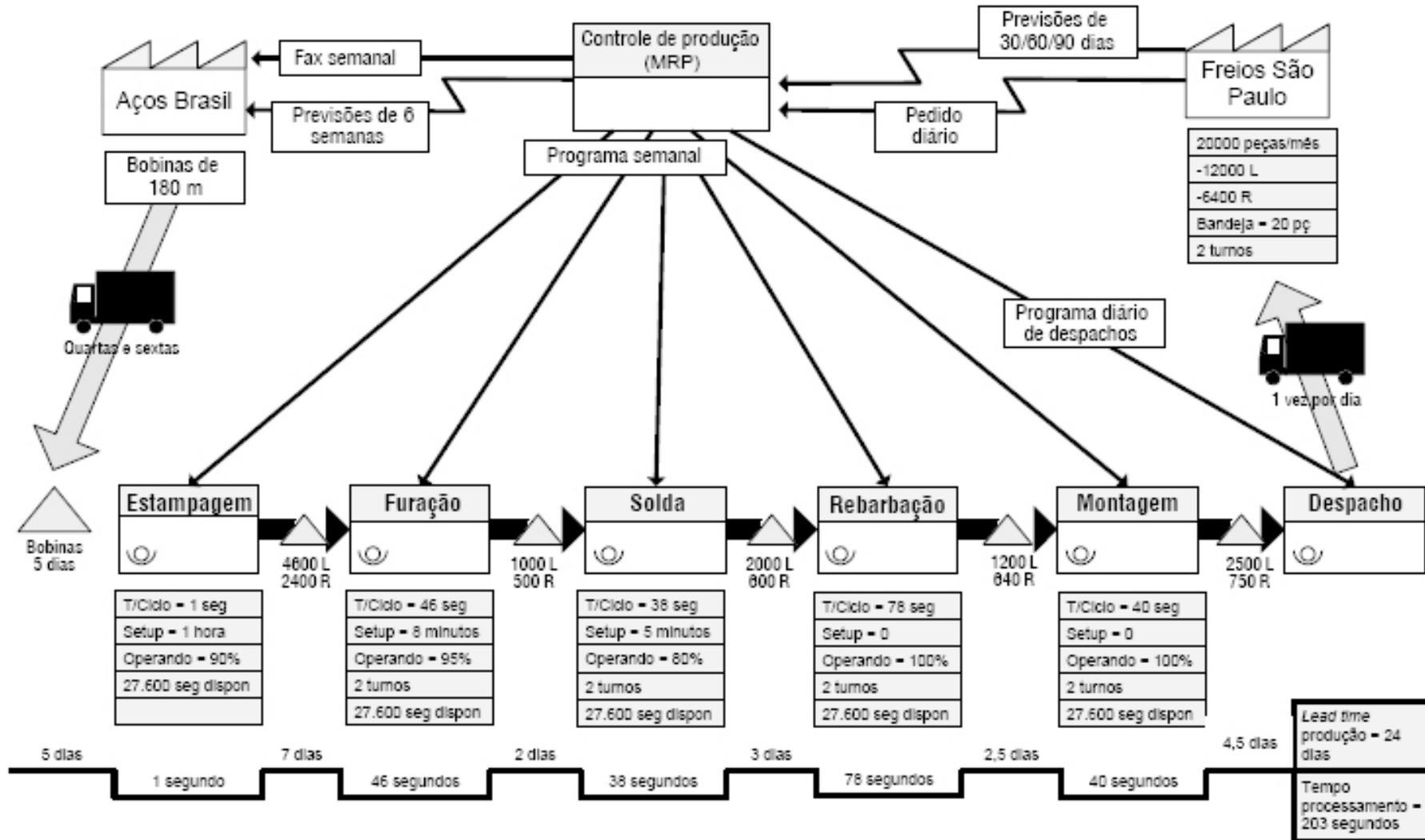
THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1988.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

VANZOLINI, Carlos Alberto. **Gestão de operações**. 2. ed. São Paulo: 1998.

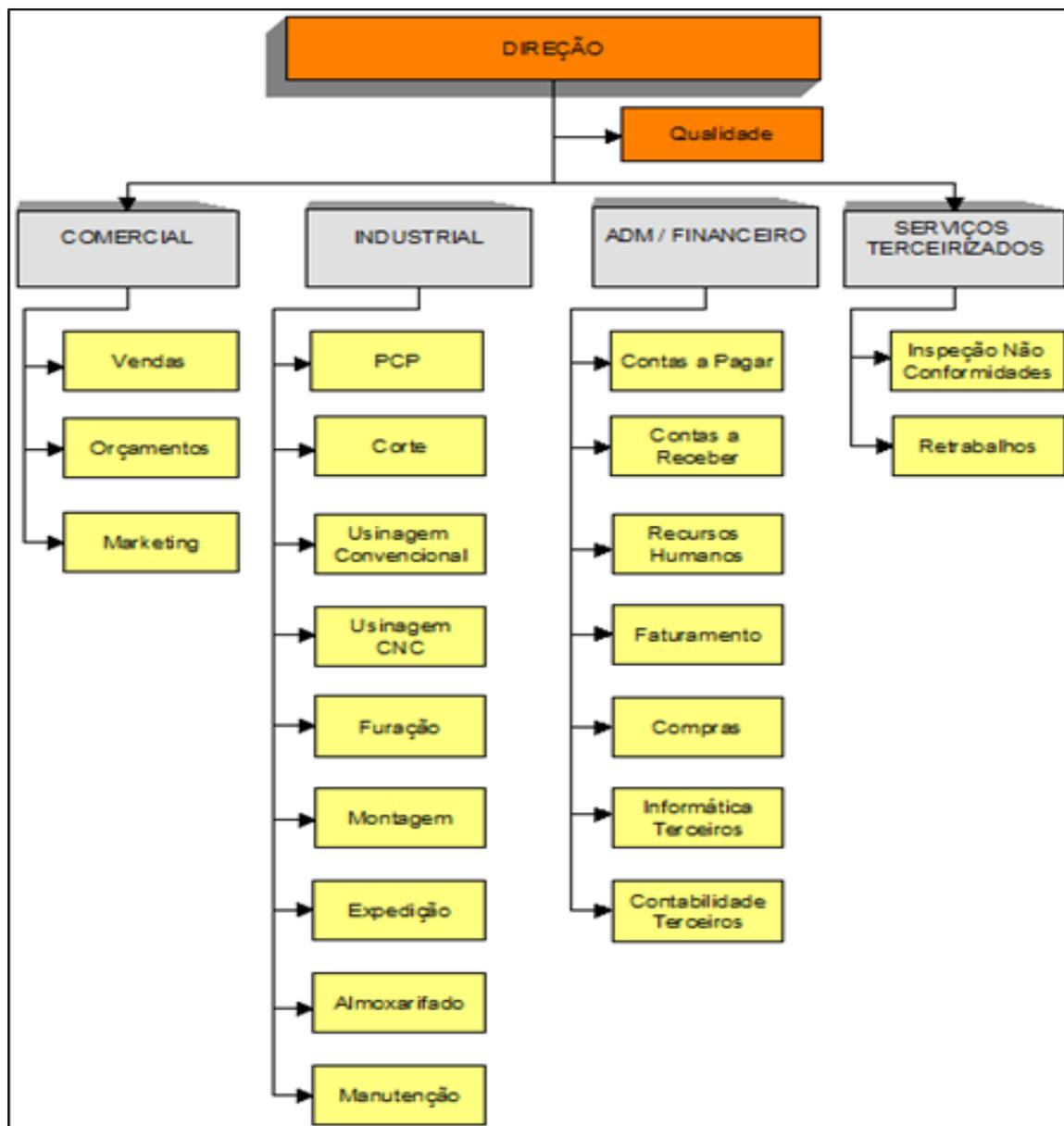
WOMACK, P. J.; JONES, T. D. **A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ANEXO – Representação do VSM para um processo de peças



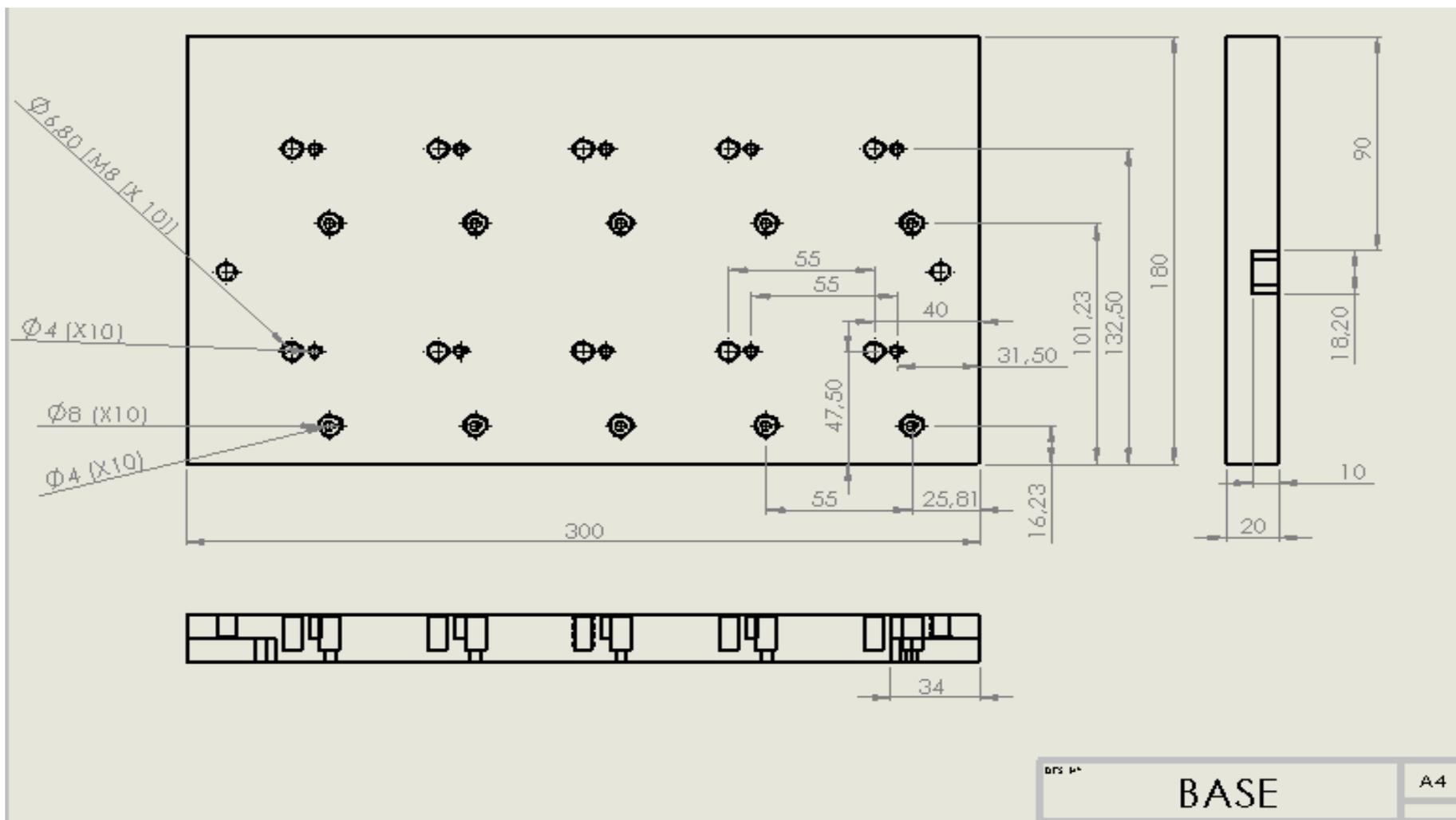
Fonte: Corrêa e Corrêa, (2017)

APÊNDICE A – Organograma da empresa



Fonte: Adaptado pelo Autor (2019)

APÊNDICE B – DESENHO DETALHADO DO DISPOSITIVO



Fonte: Adaptado pelo Autor (2019)