

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE E CAPACIDADE DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE CILINDROS HIDRÁULICOS COM APLICAÇÃO DA GESTÃO LEAN MANUFACTURING

Autor 1 – Willian de Souza Queiroz

willian.q@bbsindustrial.com.br

Autor 2 – Leandro Dóro Tagliari

leandrotagliari@upf.br

Comissão Examinadora – Luiz Airton Consalter, Charles Leonardo Israel

RESUMO

O projeto de melhoria busca o aumento da produtividade em uma linha de montagem de cilindros hidráulicos. O trabalho foi elaborado através de pesquisas bibliográficas, exploratórias, quantitativas e documental, onde foi realizado o desenvolvimento através das etapas de definição, medição, análise, melhoria e controle, observando e utilizando indicadores, fluxos de processos e balanceamento de linha de produção, visando um aumento da capacidade produtiva. Foram avaliados as características e necessidades do processo através de metodologias *Lean* e Toyota de produção, na sequência foram determinados os dados atuais de produtividade. Partindo de uma revisão bibliográfica, após passa-se a executar as medições e ensaios, avaliando melhorias necessárias, comparando as informações e avaliando a evolução das ações executadas no processo de fabricação, atingindo o objetivo principal com um aumento de 29% na produtividade da linha de montagem de cilindros. O estudo define índices de produção e formas de controle da produção. Foram avaliados na prática, fluxos para a execução das atividades, visando a padronização e a manutenção do sistema desenvolvido e implantado neste projeto de melhoria. Atingindo os resultados com um processo com menos desperdícios, com uma definição de etapa gargalo e restritiva, facilitando o acompanhamento e tomada de ações, garantindo um balanceamento de linha de produção.

Palavras-chave: linha de montagem; cilindros hidráulicos; melhoria; produtividade; capacidade produtiva.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Neste capítulo foi introduzido os conceitos iniciais do projeto, o problema, a justificativa do tema e objetivos, apresentando o contexto onde a melhoria foi aplicada e desenvolvida.

A competitividade da indústria atualmente faz com que cada vez mais os métodos e processos de fabricação sejam enxutos e contínuos, eliminando perdas e desperdícios nas operações, tudo isso visando a lucratividade final, considerando a concorrência acirrada, neste paradigma da Indústria 4.0.

Para uma indústria se manter viva e competitiva no mercado atual, ela deve estar firme e se adaptar as mudanças tecnológicas e metodológicas que ocorrem mundialmente. As inovações e novas tecnologias determinam o futuro e presente da empresa, onde os pontos fortes e fracos devem ser conhecidos, de modo a não surgir gargalos e deficiências no processo de fabricação.

As medições e acompanhamentos das etapas produtivas, são com frequência, utilizadas para melhoria da qualidade e produtividade, onde utilizam ferramentas que auxiliam gestores para alocação de recursos e tomada de decisões críticas durante as necessidades do processo de fabricação, (TANGEN, 2003).

A justificativa do tema deste trabalho, foi definida, após a análise de necessidade real da empresa em melhorar a produtividade, visando maior faturamento e taxas maiores de entrega a seus clientes. Através do problema e necessidade de aumento da produtividade da linha de montagem, foi aplicado, após estudo bibliográfico, a execução do uso de ferramentas de qualidade, controle de processo, fluxos de operação e gestão em uma linha produtiva de uma indústria de cilindros hidráulicos.

Neste contexto, se enquadra a filosofia *Lean Manufacturing*, conhecida também como modo de produção enxuta. A organização assume uma posição de produção enxuta com uma mudança filosófica do sistema de fabricação. Entre as ferramentas do Lean que foram aplicadas no trabalho, podemos citar a ferramenta valor, onde a empresa deve conhecer as necessidades dos seus clientes e procurar atendê-las, cobrando por isso um preço específico e controlado. A segunda ferramenta conhecida por fluxo de valor, significa analisar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que geram valor; aqueles que não geram valor, mas são processos de apoio; e aqueles que não agregam valor. Também temos a ferramenta de fluxo contínuo, ao eliminar os processos que não agregam valor, deve-se dar fluidez aos processos restantes fazendo um fluxo contínuo. Além desta, temos a ferramenta de produção puxada, onde o fluxo contínuo possibilita a inversão do fluxo produtivo, onde os consumidores passam a “puxar” a produção, por fim temos a perfeição, onde as empresas devem ter como objetivo a busca da perfeição nos fluxos de valor.

O presente trabalho contempla os processos de uma linha de produção de montagem de cilindros hidráulicos, aplicando metodologias e ferramentas nas etapas produtivas visando o aumento da produtividade. O projeto de melhoria será desenvolvido na empresa BBS Industrial de Carazinho — RS, fabricante de cilindros hidráulicos.

1.1 Objetivos Geral

Aumentar a produtividade e conseqüentemente a capacidade da linha de montagem de cilindros hidráulicos.

1.2 Objetivo Específicos

- Implantar ferramentas de controle de processo e produção.
- Aplicar metodologias de produção e gestão de processos para aplicação na linha de montagem.
- Ajustar e aplicar um fluxo contínuo de processo, avaliando gargalos.
- Aplicar metodologias de balanceamento da linha de produção.
- Eliminar perdas e desperdícios do processo, tornando o mais contínuo possível.
- Medir os dados de produtividade, visando o acompanhamento e evolução dos resultados das melhorias.

Neste capítulo foi contextualizado ferramentas e modelos de produção, situando o leitor do local de aplicação do estudo. Com o objetivo de aumento da produtividade na linha de montagem, foram traçados os objetivos gerais e específicos para o atendimento do escopo geral definido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foi realizado a pesquisa científica relativa às metodologias e definições acerca do tema e objetivo do trabalho, visando a estrutura teórica para a sequência do projeto.

2.1 DMAIC

Para implantação de Seis-Sigma, é necessário a aplicação da metodologia denominada DMAIC que prevê etapas e fases de execução, estas são denominadas como Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. A execução de cada etapa será feita conforme definido por (CAMPOS, 2003):

- Definir: visa identificar necessidade e requisitos dos clientes e associá-los aos objetivos estratégicos da empresa, para então se definir processos críticos que deverão definir projetos a serem realizados.
- Medir: aplicação de ferramentas estatísticas para traçar estado atual dos processos e se estabelecer metas de aprimoramento.
- Analisar: uso de ferramentas estatísticas e não estatísticas para identificação da causa raiz do problema definido.
- Melhorar: utilização de ferramentas estatística para melhoria do processo. Ações para correção do problema-alvo.
- Controlar: aplicação de ferramentas com o intuito de manter as melhorias alcançadas e torná-las padrão.

Diversas ferramentas podem ser aplicadas em cada etapa do método. Alguns exemplos, das mais usadas segundo Campos (2003) são o mapeamento de processos, o diagrama de causa e efeito e as técnicas gráficas. Também, se destaca o grande número de testes de hipóteses e de experimentos realizados. Tais ferramentas não são novas, o que é diferente é o seu uso integrado com foco em projeto.

2.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Causa-Efeito é uma técnica de análise desenvolvida por Kaoru Ishikawa no Japão em 1950. Esta ferramenta é estruturada em um modelo semelhante a uma espinha de peixe, onde as linhas da espinha são as causas das deficiências no fluxo logístico, podendo ser seis origens geralmente caracterizadas por: medição, materiais, mão de obra, máquinas, métodos e meio ambiente e a linha horizontal é o efeito, segundo (FERROLI, LIBRELOTTO, & FERROLI, 2010).

Esta ferramenta se caracteriza como um instrumento para se aplicar no controle da qualidade, aplicável em atividades diversas, de modo que contribui na identificação de desvios no fluxo logístico, observando uma possível existência e localização dos gargalos na organização em que se aplicar a ferramenta da análise da espinha de peixe, segundo (ISHIKAWA, 1993).

2.3 Matriz GUT

De acordo com Bezerra, (2012) a matriz GUT constitui-se de uma ferramenta que busca responder questões de forma racional para a separação e priorização de problemas, para fim de solucioná-los. As ações devem ser priorizadas no âmbito organizacional de acordo com a Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) do ocorrido na empresa. A construção desta ferramenta é sugerida pelo autor na seguinte sequência, primeiramente elencar os problemas para análise, pontuar cada elemento de acordo com sua intensidade, multiplicar os valores atribuídos a cada situação e por fim priorizar o ponto com maior valor de resultado. Sendo assim o elemento gravidade se refere a um dano sobre os resultados que podem surgir a médio e longo prazo, a Urgência tem como seu principal determinante a pressão do tempo para resolução dos problemas, e a Tendência se trata do potencial de crescimento da situação que pode evoluir com o tempo.

2.4 Matriz Esforço X Impacto

Segundo D'Avillar, (2018), a matriz esforço impacto é uma ferramenta de gestão que serve para priorização de atividades e problemas. Ela é uma espécie de grade composta por quatro áreas para a categorização das tarefas e ações, identificadas após uma análise da situação em questão. A ordenação ocorre de acordo com o esforço gasto em cada ação e o impacto que ela representa no projeto. Ainda segundo D'Avillar, o eixo esforço leva em consideração o volume de trabalho necessário para que o problema seja solucionado. Já o eixo impacto é entendido como ganho obtido para o projeto com a resolução do problema. A grande vantagem dessa matriz é a possibilidade de

identificar os ganhos rápidos, maximizando a produtividade, e assim poder priorizar as ações que trazem maiores resultados com menor esforço.

2.5 5W2H

O método 5W2H consiste em uma série de perguntas direcionadas ao processo produtivo e permite identificar as rotinas mais importantes, detectando seus problemas e apontando soluções, segundo Lisboa e Godoy, (2012). É aplicado dentro das ferramentas de gestão da qualidade como um plano de ação, por exemplo, na ferramenta do ciclo PDCA.

2.6 Métodos e modo de produção

A definição do conceito de produção é a transformação da matéria-prima bruta em algum produto, suprimindo desta forma a necessidade ou requisição do consumidor. Segundo Shingo, (1996), a produção é uma rede funcional de várias operações, processos e métodos. O processo é conceituado como fluxo de materiais no tempo e no espaço, formando componentes semi-acabados e após o produto final, onde a operação é o trabalho realizado visando efetivar e concluir está transformação.

O modo produtivo foi desenvolvido por Marx e Engels, segundo Marx, (1988), para organizar a forma e maneira de produção, garantindo e suprimindo as determinadas necessidades e quantidades de materiais conforme a desenvoltura e necessidade produtiva. A produção em massa, utiliza a mão de obra de trabalhadores pouco ou não capacitados, garantindo o processo e desempenho de suas atividades através de máquinas e fluxos qualificados. Fabricando produtos padronizados em grande escala e zero diversidade, com uma produção chamada de monótona através do modelo Taylorismo e Fordismo, segundo (WOMACK ET AL, 1992).

Segundo Henry Ford, (1947), conhecido por fundar *Ford Motor Company*, desenvolveu o grande modelo de produção em série, conhecido por Fordismo, mas com alguns laços de dependência do Taylorismo. As fábricas da empresa Ford, possuíam linhas contínuas ligadas a esteiras rolantes, onde cada funcionário desempenhava a mesma função, com isso as linhas necessitavam de grandes investimentos de implantação e manutenção. Através deste modelo de produção a Ford produzia próximo a dois milhões de veículos anualmente, se tornando na segunda década do século XX a maior potência automobilística do mundo.

O sistema de produção Toyota teve origem do Japão no início do século XX com base na metodologia Ford conforme Ohno, (1996), Eiji Toyoda passou três meses analisando a *Ford Motor Company*, buscando e identificando técnicas e metodologias para aplicação em sua fábrica. Seu Engenheiro Taiichi Ohno, implantou conforme modelo, mas com o objetivo de eliminar desperdícios, excesso de peças, de estoques, equipamentos não operantes e gastos administrativos, aumentando a produtividade e diminuindo os custos de manufatura e produção.

A Toyota implantou um sistema de melhoria contínua em conjunto com os colaboradores. Segundo Ohno, (1996) os conceitos que embasam a filosofia de produção Toyotista, podem ser descritos por quatro regras básicas de grande impacto na manufatura e na indústria aplicada. A primeira regra define que qualquer trabalho e operação deve ser especificado e segmentado em todo o processo, até chegar ao componente acabado. Já a segunda regra, específica que toda relação entre o cliente e o fornecedor deve ser direta e de forma simples, para solicitar e receber propostas e orçamentos de forma rápida e fácil. A terceira, define que na produção o caminho para qualquer produto, precisa ser simples e direto, sem desvios e paradas, e a última, que toda a mudança ou melhoria, deve ser implementada através de métodos científicos e confiáveis, conforme observação e orientação de um instrutor especializado, mesmo que seja no nível organizacional mais baixo.

O sistema Toyota de produção, não deve ser considerado apenas uma técnica para se chegar ao estoque zero, pois, é apenas uma das ferramentas que buscam eliminar toda forma de desperdício e, o maior motivo para aplicar esta metodologia é prevenir as possíveis perdas avaliadas, que estariam previstas a acontecer, segundo (OHNO, 1996).

O sistema de troca rápida de ferramentas, foi desenvolvido por Ohno, visando a eliminação do tempo ocioso dos trabalhadores, garantindo maior flexibilidade de produção em relação à execução de *Setup* e alteração de lotes. A redução das quantidades e lotes com a possibilidade de *setup* mais rápido, fez com que se diminuísse os custos com estoque. Para o funcionamento e manutenção do sistema necessita-se de mão de obra qualificada e motivada.

2.7 Produção Enxuta

Produção enxuta, é uma das ferramentas do *Lean* com o intuito de eliminar desperdícios. Para isso é especificado os valores de cada atividade, após essa definição, as mesmas devem ser executadas de forma eficaz e sem paradas. Segundo Womack e Jones, (2004), foram desenvolvidos cinco princípios fundamentais para eliminação de desperdícios, visando o pensamento enxuto e direcionando as empresas a uma produção enxuta, conforme definido e especificado abaixo:

Especificação do Valor, é o ponto de partida para a produção enxuta, busca definir precisamente valor em relação a produtos específicos, com capacidades específicas, a preços específicos, através da relação mais próxima com clientes específicos, segundo (WOMACK E JONES, 2004).

Cadeia de valor é definido como ações específicas necessárias para levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas. A primeira é a solução de problemas, que contempla o projeto até o lançamento do produto. Já a segunda, é a tarefa de gerenciamento da informação, que abrange as atividades desde o recebimento do pedido do produto, até a entrega do mesmo. E por fim, a tarefa da transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado.

Essa ferramenta consiste em mapear todas as atividades da empresa separando-as em três categorias, as que efetivamente agregam valor, as que não geram valor, mas são essenciais a manutenção da produção e da qualidade, e as que não agregam valor e devem ser eliminados imediatamente (WOMACK ET AL, 2004).

Fluxo de Valores, consiste em todas as atividades realizadas em uma organização para projetar, produzir e entregar seus produtos ou serviços aos clientes, segundo Werkema, (2006). Após a definição de valor e identificação das atividades que agregam e as que não geram valor, o objetivo é eliminar estas últimas e fazer com que as operações que agregam valor fluam, de modo a possibilitar que o produto chegue ao cliente sem interrupções, refugos ou retrabalhos. Com o foco produtivo no produto e suas necessidades, e não na organização ou equipamento, de modo que todas as atividades necessárias para fornecer um produto ao cliente, ocorram em um fluxo contínuo.

Produção Puxada, através do fluxo contínuo os produtos têm seus tempos de projeto, fabricação e entrega reduzidos consideravelmente, permitindo a fábrica projetar, programar e fabricar o que o cliente quer no momento que ele, quer, através do método de produção puxada, onde o cliente puxa o produto da empresa. A principal característica é a não acumulação de estoques, de modo que uma operação anterior não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo subsequente o solicite. A produção empurrada gera grandes lotes de produtos em ritmo máximo, pois, trabalhadores e máquinas não podem ficar ociosos, sem considerar o ritmo e as necessidades da próxima etapa, acarretando altos inventários de matéria-prima, de material, em processo e de produtos acabados, segundo (WOMACK ET AL, 2004).

Busca pela perfeição, a eliminação de desperdícios deve se tornar rotina nas organizações, tendo como objetivo constante a excelência, reduzindo custos de retrabalho e refugo. A busca pelo aperfeiçoamento contínuo deve direcionar todos os esforços da empresa para a melhoria de seus processos, segundo (WOMACK ET AL, 2004).

2.8 Balanceamento de Produção

Segundo Dembogurski, (2008), empresas devem buscar diferenciais através da melhoria contínua de processos e produto, buscando melhorar o desempenho e a gestão utilizando o balanceamento da linha de produção e fluxo de fabricação. De acordo com Silva, (2007), é preciso melhorar a sincronia entre as necessidades de fabricação e a capacidade de linha, para que os desperdícios sejam evitados e a produção seja nivelada com a demanda, sendo assim, se a demanda mudar, o tempo de ciclo deve ser ajustado e o ritmo de produção alterado entre processos.

Balancear a linha de produção é, segundo Tubino, (2007), definir todas as atividades que serão executadas com o intuito de garantir um tempo de processamento semelhante e balanceado entre os postos de trabalho. Procura-se melhorar a eficiência da linha de produção, agrupando os

postos de trabalho de maneira equilibrada, permitindo um fluxo do processo contínuo e enxuto (BATALHA, 2001).

O balanceamento de linha na indústria, é utilizado para ajustar a produção às necessidades da demanda, em uma tentativa de unificar o tempo de execução do produto em cada uma de suas operações posteriores (ROCHA E OLIVEIRA, 2007). Uma linha de produção desbalanceada aumenta muito os custos da empresa, podendo ser destacado o custo de oportunidade, que se referem ao não atendimento da demanda prevista em carteira de pedidos, segundo (OLIVEIRA, 2012).

Segundo David, Aquilano e Chase, (2001), as etapas do balanceamento da linha devem seguir primeiramente a definição em relação sequencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência. Seguindo deve-se especificar o tempo de ciclo necessário para execução da operação, após determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho para o processo. Na sequência, selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às operações de trabalho e uma regra secundária para desempatar. E ainda delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira operação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo, repetindo o processo nas estações seguintes. E por fim avaliar a eficiência da linha, muitas empresas utilizam-se de técnicas de medição para a otimização da produtividade.

2.9 Fluxo de Processo

Atividades durante as etapas de produção são redes de processos e de operações, que podem ser definidas como o caminho que se transforma seus produtos. Para um melhor entendimento, Shingo, (1996, p. 260) faz uma diferenciação entre processos e operações, em que o primeiro Eixo Y, são os eventos durante a transformação da matéria-prima em produto e Eixo X operação, período onde trabalhadores e máquinas trabalham nos itens.

Para mapear o processo é necessário avaliar e acompanhar o fluxo da produção, avaliando como o acréscimo de cada operação e sua contribuição no andamento da produção, bem como o tempo em que o produto permanece em cada uma das etapas e operações de fabricação. Womack e Jones, (1998, p. 47), orientam a realização do mapeamento, conforme sequência:

Na primeira fase, deve ser definida ou valorizada as etapas e operações, identificando tudo em um momento de valor, foco ou objeto real para o produto final. Segunda etapa, deve-se ignorar práticas tradicionais de execução de tarefas ou processos, profissionais e setores para criar uma empresa enxuta, eliminando todos os obstáculos, visando o fluxo contínuo de produtos ou família de itens. Uma terceira etapa é repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas, de modo a eliminar refluxos, sucata e paralisações inerentes na sequência de execução.

2.10 Identificação de Gargalos

Gargalo pode ser definido como um recurso mais lento, ou seja, o que apresenta maior morosidade dentro do fluxo, mas não basta somente essa característica, deve ter uma demanda maior ou igual à capacidade produtiva da linha, empresa ou contexto avaliado.

Restrições, no que lhe concerne, são operações que são causadas devido a eventos imprevistos durante o processo de fabricação. Para uma melhor diferenciação entre recurso gargalo e recurso restritivo crítico RRC, vale citar conforme definido por Corrêa e Gianesi, (1993, p. 155), sempre haverá algum centro de trabalho que restringe a produção, será chamado de RRC, apesar de não ser um gargalo real. Para aplicar na fábrica Slack, (2008, p. 345-346), citam os princípios da Tecnologia de Produção Otimizada, desenvolvido por Eliyahu Goldratt.

Primeiramente, equilibre o fluxo e não a capacidade, onde o foco é reduzir o tempo de processamento, onde o nível de trabalho em uma operação não-gargalo deve ser determinado analisando as restrições de todo o sistema, sendo que um recurso, precisa ser ativado para contribuir com todo o sistema e não para gerar estoque. Com esse padrão, uma hora perdida em uma operação gargalo é uma hora perdida em todo o sistema, e não pode ser recuperada. A transferência de grandes lotes em um sistema deve ser dividido em menores para executar a movimentação por processo, onde o tamanho do lote precisa ser variável e não fixo, através da demanda. As programações de fábrica devem ser desenvolvidas considerando todas as restrições ao mesmo tempo.

Segundo Corrêa e Gianesi, (1993, p. 147), fazem importantes afirmações sobre a Tecnologia de Produção Otimizada, OPT, as diferenças entre a ativação de um recurso e usar um recurso. Ativar um recurso não-gargalo mais do que o suficiente para alimentar um recurso de gargalo limitante não contribui para nada, ao contrário, o estoque aumenta, subindo controles operacionais, como administração deste estoque gerado. Para obter um resultado eficaz de aumento de produtividade, deve ser executado um trabalho nos recursos da etapa gargalo, avaliando se está limitando o fluxo. Investir em recursos que não sejam gargalos não vão trazer retornos positivos a empresa.

2.11 Teoria das Restrições

O controle de recursos tem uma abordagem diferente com a teoria das restrições, ferramenta de gestão denominada Tambor-Pulmão-Corda, TPC. O formato TPC de programar e organizar a linha de produção parte da ideologia que existem apenas alguns poucos recursos com restrição de capacidade chamados de RRC – recurso com restrição de capacidade, que irão impor o índice de produção da fábrica inteira, conhecido como Tambor.

A garantia em relação ao RRC para que não seja interrompido por falta de peça, é o desenvolvimento em frente a este processo, um inventário que o protegerá contra as principais interrupções que possam ocorrer dentro de um intervalo determinado de tempo, denominado

pulmão de tempo. Com o objetivo de impedir que haja um aumento desnecessário nos níveis de estoque no processo de fabricação, o material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo com que o recurso restritivo o consome e requisita, corda, mas com uma diferença no tempo equivalente ao pulmão de tempo determinado e estabelecido conforme (SOUZA, 2005).

Poucos lugares devem ser protegidos em um sistema onde o fluxo de material é controlado de acordo com os princípios da TOC – teoria das restrições. Segundo Souza, (2005), existem três tipos de pulmões de tempo, onde o primeiro resulta da necessidade de proteger as restrições de recurso, evitando que o trabalho e operação seja interrompido por falta de demanda do processo anterior, surgindo assim, o pulmão de recurso. Outro tipo de restrição que deve ser protegido é o modo de restrição de mercado, pois, se pretende sempre entregar os itens do mercado no prazo correto. Para isto, necessita-se de um pulmão de mercado, ou expedição, posicionado e ajustado nos armazéns de produtos e componentes acabados. O terceiro tipo de pulmão é relacionado a linha de montagem, para este, deve-se evitar que peças produzidas por um recurso restritivo fiquem esperando, na operação de montagem, por peças provenientes de recursos e etapas não-restritivas. Estabelece-se, então, o pulmão de montagem, que deverá conter apenas peças que passaram por etapas e recursos não-restritivos.

O método TPC – tambor-pulmão-corda, possibilita uma programação de todos os recursos não-restritivos da empresa, desta forma as etapas de produção situados antes do RRC deverão processar o mais rápido possível os materiais vindos da primeira operação, controlados pela corda, de acordo com a ordem de chegada destes. Uma vez que os recursos possuem excesso de capacidade em relação ao RRC, eles não deverão ter dificuldades para seguir o programa e o planejamento de produção. Da mesma forma, os recursos não-restritivos localizados no roteiro de produção após o RRC estarão diretamente sob o controle deste, pois, receberão apenas as peças liberadas pelo RRC.

2.12 Índice de Desempenho Operacional

A eficiência do equipamento durante o tempo de operação é denominado de índice de desempenho operacional, dados como quantidade de refugos, acompanhamento de paradas de equipamentos, manutenção e *setups*, bem como outras análises mais aprofundadas também podem ser avaliadas e acompanhadas. Segundo Pantaleão, (2008), o índice de desempenho operacional, IROG, deve ser calculado e executado de forma diferente em cada posto de trabalho, já que o tempo disponível T, a ser considerado no cálculo, depende se a estação será um recurso não restritivo ao fluxo, para a linha de produção.

No posto de trabalho considerado recurso crítico gargalo, o indicador IROG é denominado produtividade efetiva total do equipamento, TEEP. O tempo T considerado no cálculo, é o tempo total, 24 horas/dia ou 1440 min/dia. Como é um posto de gargalo, deve ser considerado todo o

tempo disponível, onde será possível identificar o tempo total que pode ser ganho no sistema produtivo fazendo ajuste nas linhas de produção.

Para o posto de trabalho recurso crítico considerado não-gargalo, o indicador IROG é chamado de índice de eficiência global, OEE. O tempo T considerado na equação é o disponível, obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Neste equipamento é possível agendar e programar determinadas paradas como pausas para almoço, reuniões, já que não se trata de um posto de gargalo.

2.13 Layout

O *layout* por processo define e divide os produtos que passam por processos similares, deixando os mesmos localizados juntos um do outro, conforme (SLACK, 1996). Este *layout* acomoda a variedade de projetos de produto e etapas de processamento dentro da linha de produção (GAITHER e FRAZIER, 2001). Segundo Black, (Reimpressão: 2001), a principal característica deste modelo de *layout* é a produção de grande variedade de produtos, resultando assim em lotes pequenos de fabricação.

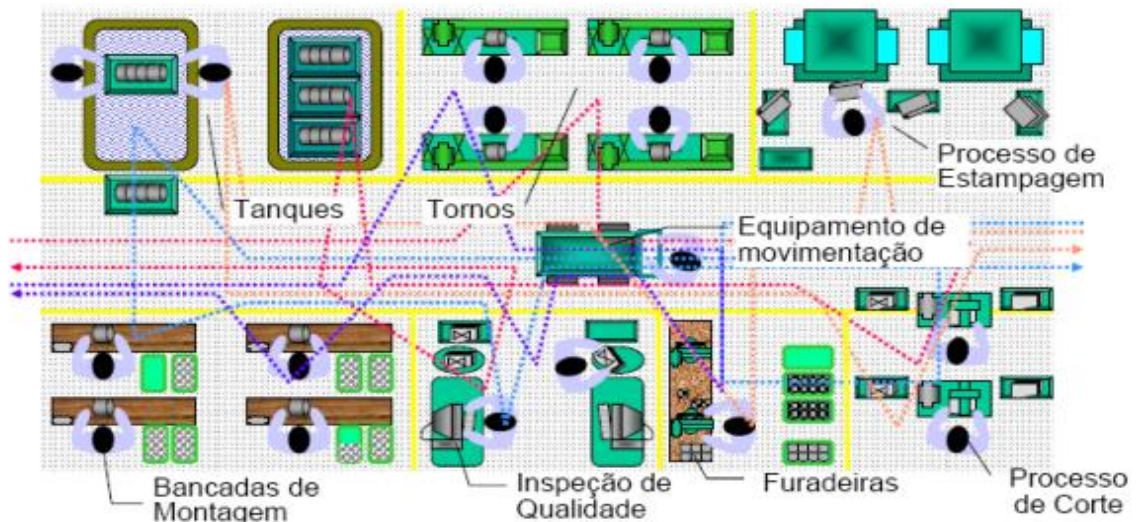
Segundo Moreira, (2002), as principais características deste modelo de *layout* é a fácil adaptação à produção de uma linha variada de produtos diferentes, já que desenvolve uma rede de fluxos onde cada produto passa através dos centros de trabalho necessários e definidos na estrutura de processo. Na sequência, apresenta taxas de produção baixas, se comparadas às obtidas nos *layouts* por produto, já que neste caso o mesmo segue um fluxo genérico para acomodar os mais variados componentes. Equipamentos flexíveis, onde o *setup* se adapta a produtos de características e formatos diferentes, já em relação ao *layout* por produto, os custos fixos são menores, mas os de matéria-prima e mão-de-obra são maiores, devido à qualificação do processo e produto.

O fluxo percorrido pelo produto será de processo a processo, conforme apresentado na Figura 1, variando de acordo com as necessidades do cliente e de características do produto, como cada item possui uma necessidade, os caminhos percorridos por eles serão únicos e diferentes entre si, formando um padrão de fluxo na operação, bastante complexo, segundo (SLACK, 1996).

A desvantagem deste fluxo de produção, é a ocorrência de estoques intermediários elevados em meio ao processo produtivo, o que acaba dificultando no planejamento e controle da produção, PCP, e volumes menores de produção a custos unitários maiores que no *layout* por produto, mas deve ser utilizado em fábricas com demanda e variabilidade de itens, conforme (MOREIRA, 2002).

Conforme representado na Figura 1, cada linha pontilhada representa a sequência de um produto específico, assim é possível observar todos os fluxos e os postos de trabalho que o mesmo passa, até que ele esteja pronto para a entrega final.

Figura 1 - Exemplo de *layout* por processo



Fonte: Miyake, (2005)

2.14 Produtividade

Para Mariano, (2007, p. 2), a produtividade pode ser conceituada como um indicador da eficiência de um sistema produtivo, onde, quanto maior, mais eficiente o sistema será. A diferença entre eficiência e produtividade, é que produtividade é um índice que agrega diferentes unidades de medida e que pode assumir qualquer valor real, enquanto a eficiência é sempre um valor adimensional entre 0 e 1, que também pode ser expresso em um percentual entre 0% e 100%.

A produtividade é o relacionamento, entre a produção e os insumos utilizados no processo produtivo, como trabalho, capital e recursos naturais, ou seja, a relação entre as saídas e as entradas de uma unidade tomadora de decisão, DMU, segundo Schettini, (2010, p. 18). Conforme Mariano, (2007), a Equação 1, a seguir, mostra, apenas para efeito de demonstração, o cálculo simplificado da produtividade para uma DMU que tenha apenas uma entrada e uma saída.

$$Produtividade = \frac{y}{x} \quad (1)$$

Em que:

y: quantidade de saída;

x: quantidade de entrada.

No que lhe concerne, a eficiência pode ser calculada através da comparação de um determinado desempenho observado com relação a um ótimo, ou seja, a eficiência de um sistema é representada pela divisão entre um indicador de desempenho desse sistema e o valor máximo que esse indicador poderia alcançar, conforme demonstrado na Equação 2, a seguir (SCHETTINI, 2010, p. 18).

$$Eficiência = \frac{I}{I_{max}} \quad (2)$$

Em que:

I: Indicador de desempenho atual de um determinado sistema;

I_{max}: Valor máximo que o sistema pode alcançar no indicador.

Com base nos conceitos apresentados, percebe-se que uma indústria deve preocupar-se com a produtividade e, também, com a eficiência, buscando um equilíbrio entre essas duas variáveis.

2.15 Perdas e Desperdícios

Produzir de maneira enxuta para Ohno, (1996), é o resultado da eliminação dos sete tipos de desperdícios, também conhecidos como perdas, dentro das organizações. De acordo com Shingo, (1996), perda é toda, qualquer atividade e processo que não contribui para as operações, ou seja, não agregam valor na operação.

Desperdício de super produção, pode ser definido como quantitativa, que é produzir mais produto do que o necessário, e a antecipada, que consiste em fazer o produto antes do tempo necessário para a demanda do cliente (SHINGO, 1996). A origem da superprodução geralmente está relacionada aos problemas e restrições dos processos produtivos, como altos tempos de *setup*, induzindo à produção de grandes lotes; problemas com a incerteza da qualidade e confiabilidade dos equipamentos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de aderência da produção à demanda; *layout* de fábrica que implica em grandes distâncias para percorrer com material, levando à formação de lotes para movimentação, conforme (CÔRREA e CÔRREA, 2004). Os métodos para evitar a super produção, são produzir somente o que é necessário no momento em que é necessário, redução dos tempos de *setup*, maior coordenação entre produção, demanda e redefinição de um layout de fábrica mais compacto e próximo (CORRÊA ET AL, 1993).

Desperdício de tempo de espera, o *just in time* dá ênfase ao fluxo e processo produtivo de material, e não às taxas de utilização dos equipamentos e máquinas, os quais devem trabalhar somente quando for necessário Corrêa e Gianesi, (1993), onde o material que espera para ser processado, acaba formando filas para garantir maior taxa de utilização dos equipamentos. A equalização e sincronização entre processos e operações com fluxo de peças unitárias podem acabar com a espera de lotes para serem processados. Essas ações afetam o fluxo de movimentação de material, desta forma a melhoria no layout é um pré-requisito, para a sua aplicação na linha de produção, conforme (SHINGO, 1996).

Desperdício de processo, as atividades de transporte e movimentação de materiais ao longo do processamento não agregam valor ao produto, mas, é necessária devido às restrições do processo e das instalações, que impõem distâncias a serem percorridas pelo material durante a produção. Estas atividades são vistas como desperdícios de tempo e recursos, portanto, devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo na linha de produção, segundo (CORRÊA E GIANESI, 1993). A redução das distâncias, conseguida através de uma melhoria no *layout* da fábrica, pode eliminar

ou reduzir a necessidade de movimentação. Para a movimentação de materiais em que não é possível eliminá-la, deve-se pensar em, ao menos, diminuí-las ao máximo, segundo (CORRÊA E GIANESI, 1993).

Desperdícios de movimentação, onde a economia dos movimentos propicia o aumento da produtividade e redução dos tempos associados ao processo e fluxo produtivo. Já a consistência nos movimentos contribui para o aumento da qualidade, segundo (CORRÊA E GIANESI, 1993). Com o foco em soluções simples e de baixo custo, caso a fábrica venha a optar pela automação, deve-se aprimorar os movimentos para, somente depois, automatizar, caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício.

Desperdícios de produtos defeituosos, este pode ser considerado um dos maiores problemas do processo, e é causado por defeitos de qualidade, implica em desperdício de materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação e armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros, segundo (CORRÊA E GIANESI, 1993).

O processo produtivo deve ser desenvolvido de modo que previna a ocorrência de defeitos e falhas, para que se possam eliminar as inspeções. Assim, é comum que as fábricas que adotaram esta filosofia, utilizem “dispositivos à prova de falhas”, os quais procuram evitar erros comuns causados pelo operador, conforme (CORRÊA E GIANESI, 1993).

Desperdício de processamento, neste caso, melhorias voltadas à Engenharia de Valor e à Análise de Valor devem ser estudadas, pois, elas consistem na simplificação ou redução do número de componentes, ou atividades necessárias para executar e fabricar determinado produto, os itens a passarem por esta avaliação são aqueles que acrescentam custo e não valor ao produto, segundo (CORRÊA E GIANESI, 1993).

Desperdício de estoque, os estoques além de ocultarem outros tipos de desperdícios, significam, investimento e espaço físico. A eliminação de todos os outros desperdícios tem como consequência a redução dos desperdícios por estoque, conforme (CORRÊA E GIANESI, 1993).

Para a resolução de problemas pode ser aplicado a ferramenta Kaizen, segundo Marchwinski e Shook, (2007, p. 40), ferramenta de melhoria contínua do fluxo completo de valor ou de um processo individual, de modo a criar mais valor com menos desperdício. A filosofia *kaizen* envolve a definição de padrões e melhorá-los continuamente, ela enfatiza que a mudança seja realizada diariamente sempre visando o melhoramento, em grupos e setores da empresa, incluindo operadores e intercalando os participantes, com o objetivo de atingir o quadro completo de colaboradores.

2.16 Cilindro Hidráulico

Cilindro Hidráulico é um atuador mecânico que é utilizado para aplicação de forças e movimentação através da hidráulica, é executado na linha de produção montagem. O processo de fechamento e montagem dos componentes do cilindro, setor este onde foi desenvolvido e aplicado o trabalho de melhoria, visando o aumento de produtividade e capacidade da linha de produção.

O capítulo foi realizado com base no método explanatório de pesquisa, onde foram abordados diversas metodologias que embasam a fundamentação teórica. Inicialmente foi explanado métodos e modos de produção, dando sequência até as metodologias de perdas e desperdícios.

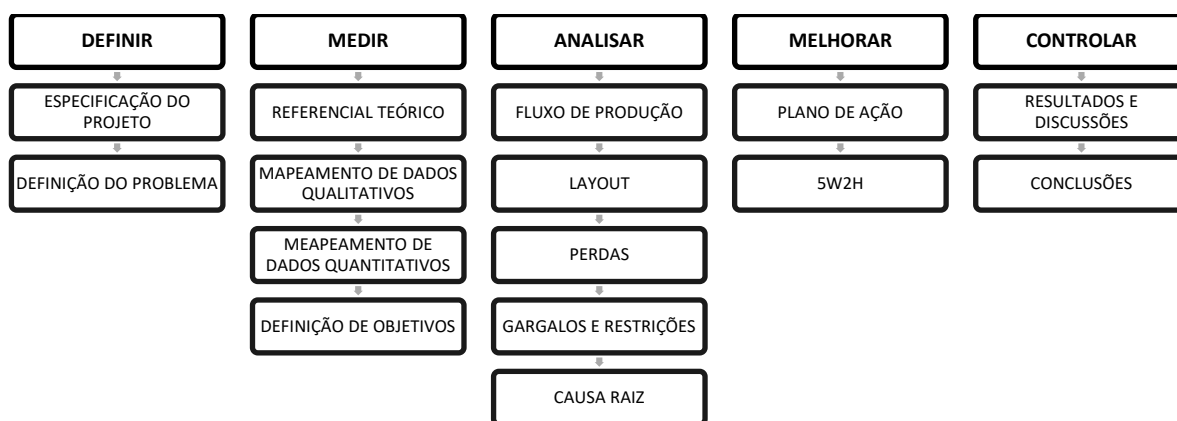
3 METODOLOGIA

Neste capítulo de metodologia, é realizado o estudo de métodos, para encontrar caminhos e formas de chegar ao resultado esperado, analisando características e conceitos de execução.

Esse trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica, exploratória, quantitativa, qualitativa, ação e documental. O desenvolvimento do projeto de aumento da produtividade e capacidade da linha de montagem realizou-se em uma empresa de cilindros hidráulicos de grande porte no ano de 2021. Foi utilizado como metodologia o estudo de caso, onde se torna primordial o acompanhamento do processo produtivo através da medição da produtividade e observação das operações. O estudo de caso é observado e analisado profundamente.

As etapas de execução do trabalho foram definidas com base na metodologia DMAIC, conforme esquema da Figura 2.

Figura 2 - Etapas da metodologia



Fonte: Autor (2021)

O trabalho foi desenvolvido utilizando diversos tipos de pesquisas, com função primordial instruir o pesquisador no cenário de pesquisa, auxiliando na formação de ideias para o desenvolvimento do projeto. Após foi realizado pesquisa quantitativa, dentro do contexto organizacional, executando basicamente através de acompanhamento, com a análise do fluxo produtivo, *layout* atual e etapas de fabricação, de modo a avaliar a capacidade da linha visando o

balanceamento da produção. Durante os acompanhamentos, não houve diferença no fluxo de produção.

A pesquisa qualitativa, não está focada na representação numérica, mas sim com a integração e compreensão de um grupo social dentro de uma empresa. Pesquisadores oriundos que praticam técnicas qualitativas buscam entender e explicar a razão das coisas, neste caso o mesmo é objeto e sujeito de suas próprias experiências, sendo o pesquisador limitado ao conhecimento próprio. As diversas formas de pesquisa dão valência ao trabalho, servindo de embasamento assertivo e satisfatório, para análise acadêmica, definindo desta desta forma os objetivos para o projeto de melhoria.

A primeira etapa do DMAIC, definir foi desenvolvida na etapa de projeto de pesquisa, onde foi realizado uma avaliação de possibilidade e necessidade de melhoria, aplicado a área de Engenharia na empresa BBS Industrial. Foi especificado o projeto e cronograma de execução com a definição do problema.

A etapa “M” de medição, envolve a coleta de dados e definição de indicadores de desempenho, incluindo dados qualitativos e quantitativos. Iniciado através do embasamentos da literatura citada no capítulo 2, com a definição de metodologias para desenvolver e otimizar a produtividade da linha de produção.

Já na etapa “A” de análise, é executado a análise de causa para atingir a etapa de definição e escopo de melhorias. Foi realizado análise dos dados, levou-se em consideração tanto o material coletado quanto a literatura. O levantamento de registros de produção, encontrados nos documentos da empresa e novos desenvolvidos, foram aplicados para a realização do cálculo médio de produção e, conseqüentemente, avaliação de produtividade. A etapa de análise, buscou encontrar possíveis falhas do processo, como gargalos encontrados durante o processo e tempo elevado, ou seja a causa raiz do problema.

Na etapa “I” de melhorar, é utilizado a ferramenta plano de ação 5W2H, definindo as ações e tarefas para atingir o objetivo principal do trabalho, onde foi aplicado a metodologia de priorização e definição de tarefas com a matriz GUT e matriz esforço x impacto. Foi aplicado na prática as metodologias definidas no escopo teórico de balanceamento da linha de produção, eliminação de perdas e desperdícios com um processo mais contínuo.

Após esse processo foi realizado a etapa “C” de controlar, onde é apresentado o resultado final e definido critérios de controle e manutenção do sistema implantado. Relacionado aos resultados e conclusões, foi realizado conforme cronograma a apresentação dos dados de produtividade, visualização de controles e metodologias, executadas apresentando os resultados finais do projeto, com o detalhamento dos ganhos e evoluções na linha de produção.

Por fim neste tópico, cabe ressaltar que as informações observadas e levantadas através da literatura complementam-se, revelando dados e fundamentados com base em reuniões e análise com o grupo de melhoria Kaizen, sem interferência de distorções.

4 DESENVOLVIMENTO

O tópico de desenvolvimento vai situar o leitor em relação ao contexto da indústria onde o trabalho será desenvolvido, apresentando a linha de montagem e suas características. Será desenvolvido as metodologias e ferramentas levantadas no referencial teórico com base na metodologia DMAIC e suas etapas conforme tópicos.

4.1 Etapa “D” Definir

O tópico de definição, primeira etapa do DMAIC no desenvolvimento, foi definido os pontos que serão trabalhados, citando e relacionando os objetivos e possibilidades de melhoria definidos nos capítulos iniciais do trabalho, situando o leitor do contexto do problema.

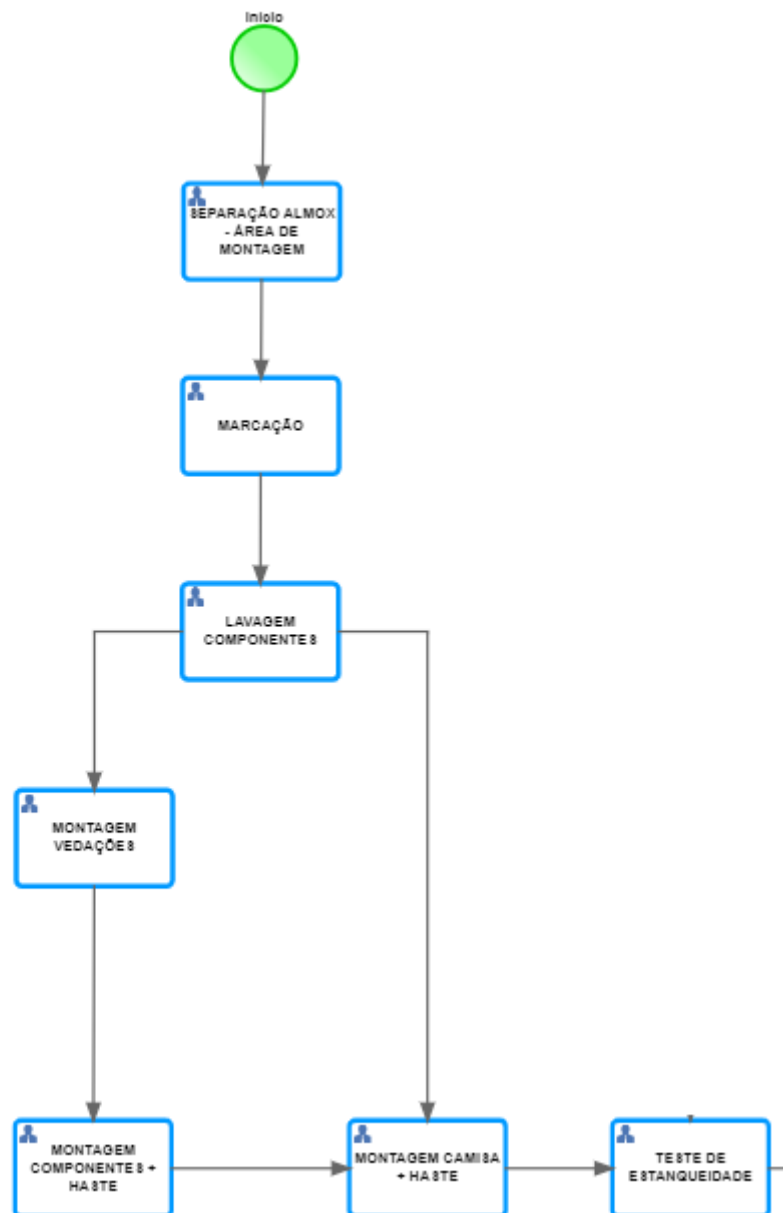
4.1.1 BBS Industrial

O presente trabalho vai demonstrar a aplicação de melhorias nos processos de uma linha de produção de montagem de cilindros hidráulicos, utilizando metodologias e ferramentas nas etapas produtivas, visando o aumento da produtividade. O projeto de melhoria foi desenvolvido na BBS Industrial de Carazinho, na linha de montagem. A BBS Industrial, é umas das empresas líderes no Brasil em produção de Cilindros Hidráulicos.

4.1.2 Mapeamento do Fluxo Produtivo

O mapeamento do processo envolvendo o fluxo de fabricação é realizado através da identificação da sequência lógica das atividades que compõe e interagem com o processo e fluxo, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxo de Produção



Fonte: Autor (2021)

Todas as operações provenientes do processo de montagem de cilindros hidráulicos, partindo do Planejamento e Controle de Produção, que pode ser considerado todo o enredo de etapas anteriores, até o produto final.

A Ordem de Produção, apresentada na Figura 4, documento de auxílio operacional, onde contempla todas as informações relevantes ao processo de fabricação, que acompanha o produto em seus processos, apresentando, etapas, operações, dispositivos e desenho técnico de montagem. Fica nítido na coluna PC/HR a disparidade e variação dos tempos, um dos motivos das grandes quantidades de estoque em meio ao processo.

Figura 4 - Ordem de Produção

OP	Grupo de Máquina	Operação	Setup	T.Máquina	Pç/Hr
10	12010-MAO DE OBRA ALMOX	SEPARACAO ALMOX - ÁREA DE MONT	00:00:00	05:51:30	03
REALIZAR A SEPARAÇÃO DOS COMPONENTES PARA A ÁREA DE MONTAGEM					
20	12024-LINHA MONTAGEM CILINDROS	MARCAÇÃO CILINDROS	00:00:00	00:19:00	59
30	12027-GABINE DE LAVAGEM CAMISA	LAVAGEM COMPONENTES	00:00:00	00:51:18	22
40	12024-LINHA MONTAGEM CILINDROS	MONTAGEM VEDAÇÕES	00:00:00	01:54:00	10
MONTAR VEDAÇÕES.					
50	12024-LINHA MONTAGEM CILINDROS	MONTAGEM HASTE	00:00:00	02:32:00	07
60	12024-LINHA MONTAGEM CILINDROS	FECHAMENTO CILINDRO	00:00:00	03:48:00	05
70	12026-BANCO DE TESTE ESTANQUEID	TESTE HIDROSTATICO DUPLO EFEIT	00:00:00	02:09:12	08
80	12032-TUNEL TRATAMENTO SUPERFIC	TÚNEL	00:00:00	00:45:36	25
Dispositivo:P0065 - ISOLAMENTO ROTULAR GE 40 FO					
90	12028-LINHA PINTURA CILINDROS	PINTURA	00:05:00	02:09:12	08
100	12031-MAO DE OBRA EXPEDICAO	SEPARAÇÃO EXPEDIÇÃO	00:00:00	00:49:24	23
110	12031-MAO DE OBRA EXPEDICAO	REVISÃO FINAL / MONTAGEM	00:00:00	01:26:27	13

Fonte: Autor (2021)

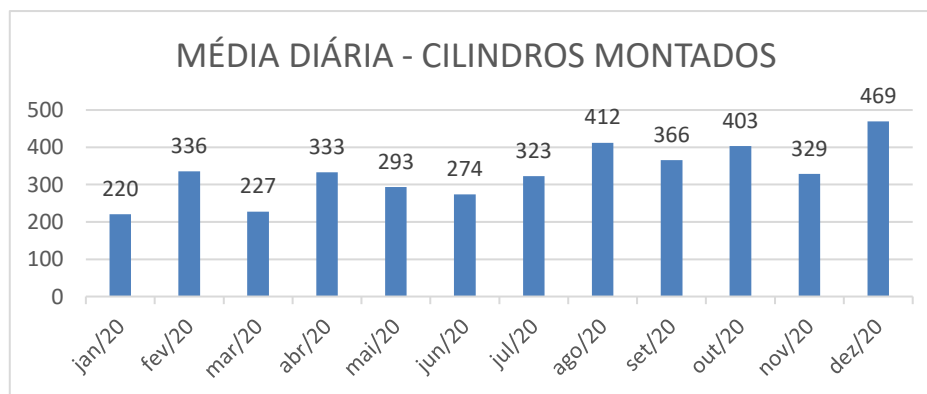
4.2 Etapa “M’ Medir

Neste tópico foi realizado a coleta e medição, envolvendo os dados de produtividade, criação e desenvolvimento de indicadores e controles para futura análise, incluindo dados qualitativos e quantitativos.

4.2.1 Produtividade Geral

Para o aumento da produtividade, foi realizado o acompanhamento e coleta dos dados da quantidade total produzida na linha de produção conforme gráfico da Figura 5.

Figura 5 - Dados da Produtividade Geral



Fonte: Autor (2021)

Conforme apresentado no gráfico a média diária de cilindros montados no ano de 2020 foi de 332 unidades.

4.2.2 Produtividade por Recurso

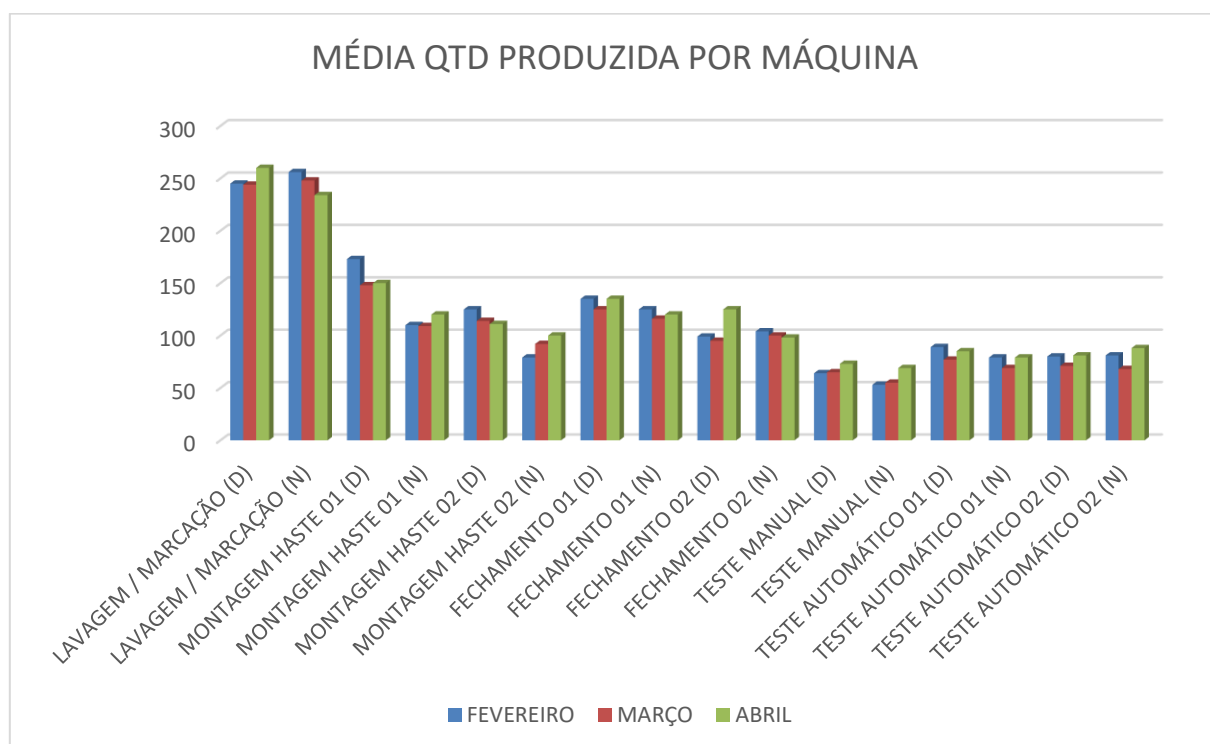
Visando o acompanhamento da linha de produção, com a identificação de gargalos e de processos ineficientes, umas das ações para atingir o objetivo geral de aumento de produtividade, foi a execução da medição e monitoramento do gráfico de quantidade produzida em separado por recurso, ou seja, avaliando a produtividade máquina a máquina diariamente.

Foi implantado um modelo de tabela de controle por recurso, onde a produção é monitorada diariamente, onde o cada operador aponta as informações críticas para o acompanhamento da produtividade, são elas, código, quantidade e rastreabilidade da ordem de produção.

Após a definição da tabela de coleta fabril das quantidades produzidas por recurso, foi realizado reunião geral com a linha de produção, visando integrar todos os colaboradores no projeto, desta forma foi informado da melhoria e idealizado com os mesmos a meta a ser alcançada no setor, para em separado avaliar dificuldades e possibilidades de melhorias por etapa de produção.

Foi realizado acompanhamento e coleta dos dados de produtividade, por recurso conforme Figura 6, onde média diária, foi coletada e controlada graficamente.

Figura 6 - Média Quantidade Produzida por Máquina

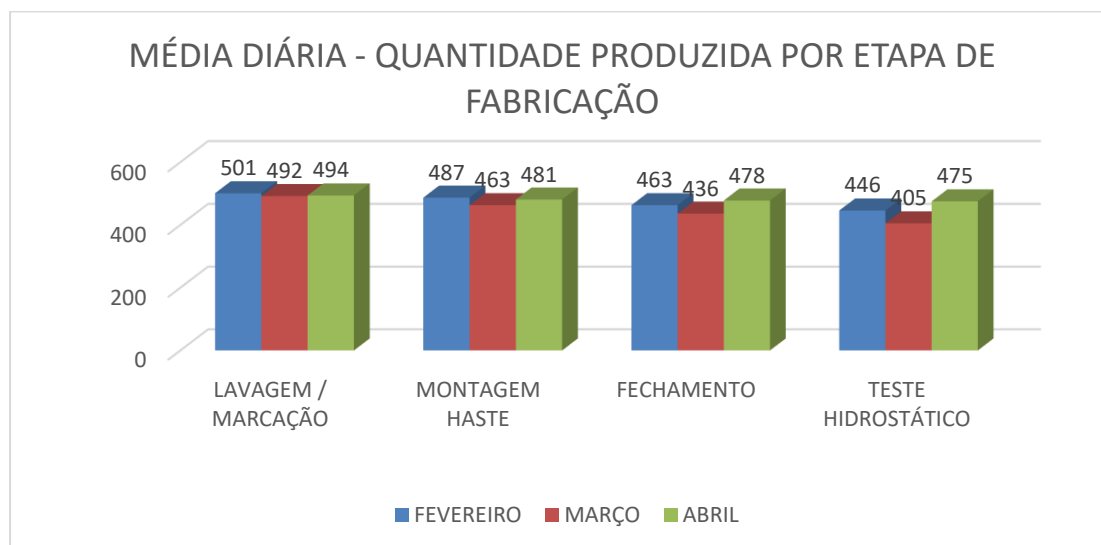


Fonte: Autor (2021)

Conforme exemplo da primeira coluna, o recurso de lavagem / marcação (D), apontou uma média diária no mês de fevereiro de 2021 de 245 unidades.

Na Figura 7, foi realizado o agrupando das máquinas e turnos para facilitar a visualização da taxa de entrega de cada etapa de produção.

Figura 7 - Média Quantidade Produzida por Etapa



Fonte: Autor (2021)

Conforme exemplo, na primeira coluna, etapa de marcação / lavagem, no mês de fevereiro de 2021 a quantidade de cilindros que foram reportados nesta operação foram de 501 unidades, facilitando a visualização do comparativo e evolução mensal.

Para o processo de marcação e lavagem a quantidade foi agrupada, considerando somente o acompanhamento após finalização de ambas as operações agrupando a contagem, como se trata de um setor onde os dois operadores devem ser polivalentes, conforme demanda, os mesmos se revezam para atender, desta forma intercalam direcionando esforços para o processo com mais necessidade. Foi implantando este conceito de célula através da metodologia Lean, visando a eliminação de estoque no processo seguinte.

4.2.3 Layout e fluxo de Produção

Representando o *layout* e fluxo de produção, conforme Figura 8, onde é iniciado o processo após a separação da montagem por parte do setor do almoxarifado, segue abaixo as etapas do processo de montagem:

Etapa de lavagem, onde através de uma operação de tanque e imersão que executa a lavagem por ultrassom, eliminando as contaminações dos componentes a serem montados.

Processo de marcação, onde é realizado a gravação do código, rastreabilidade e demais informações solicitadas pelo cliente.

Na etapa de Montagem Haste, o cilindro avança para o espaço isolado, onde tem um controle de contaminação *cleanliness*, requisito de limpeza e contaminação de linhas de

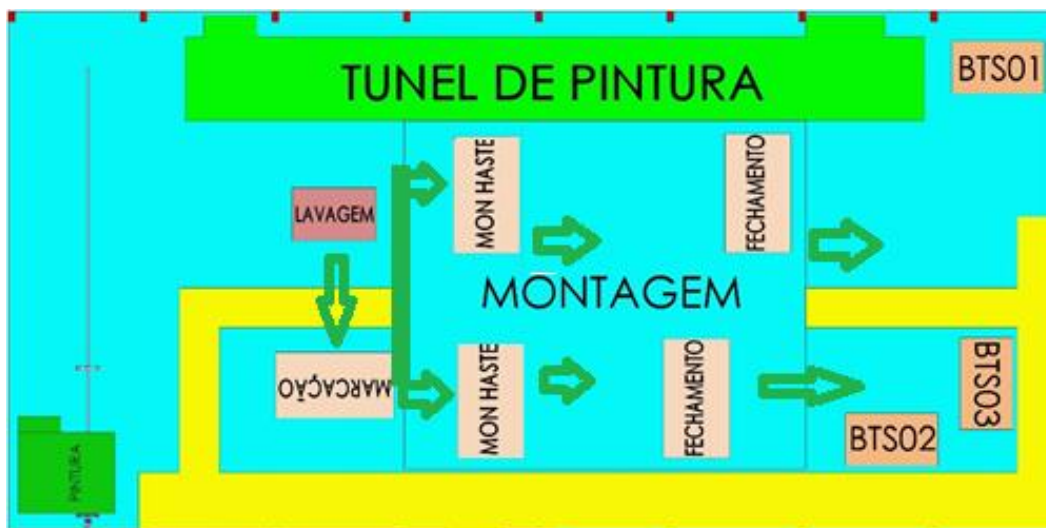
montagem, iniciando o processo na célula de montagem haste, onde é realizado a montagem das vedações nos componentes e após montados os componentes na haste.

No processo de Fechamento do cilindro, onde é realizado a montagem do conjunto haste com seus componentes na camisa.

Após o fechamento o fluxo sai do local controlado passando para o Teste Hidrostático, onde é realizado as verificações e efetivação de qualidade do cilindro, atestando estanqueidade, verificando vazamentos interno e externo, encerrando assim as etapas de acompanhamento deste trabalho.

Em relação ao fluxo, foi observado que temos uma linha contínua, mas com muita variação de peças e tamanhos, conforme Figura 8.

Figura 8 - Layout de Produção BBS



Fonte: Autor (2021)

A organização e fluxo de processo é impactada pela falta de um controle e direcionamento para controlar essa variabilidade de tamanhos de cilindros, desta forma ficando uma linha com muito estoque em processo e sem padronização de montagem por recurso. Dentro da sala de montagem temos o processo de montagem vedação e fechamento onde cada uma destas etapas tem dois recursos para execução da operação, conforme Figura 9.

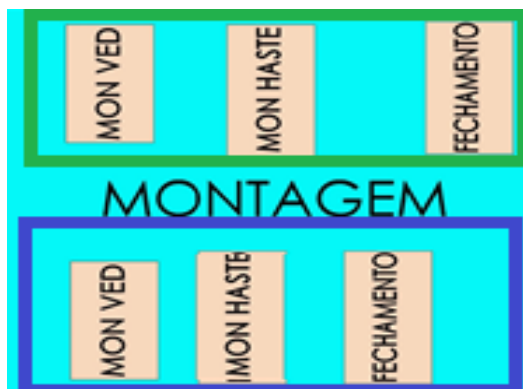
Figura 9 - Linha de Montagem Haste / Fechamento Cilindro (Ambiente Controlado)



Fonte: Autor (2021)

Foi realizado ensaio na linha de produção, separando as famílias de cilindro em guindaste / rodoviário e agrícola / movimentação e acessibilidade, onde esses dois grupos separam de forma genérica cilindros de grande e pequeno porte. A separação do fluxo de montagem, conforme Figura 10, onde cilindros grandes serão montados na linha 01 (verde) e cilindros pequenos na linha 02 (azul), conforme ilustrado abaixo, o objetivo deste projeto é o aumento da produtividade, a padronização do processo e consequentemente diminuição do estoque, dando vazão e aumentando a produção.

Figura 10 - Projeto de Separação da Linha de Montagem



Fonte: Autor (2021)

4.2.4 Identificação de gargalos e restrições

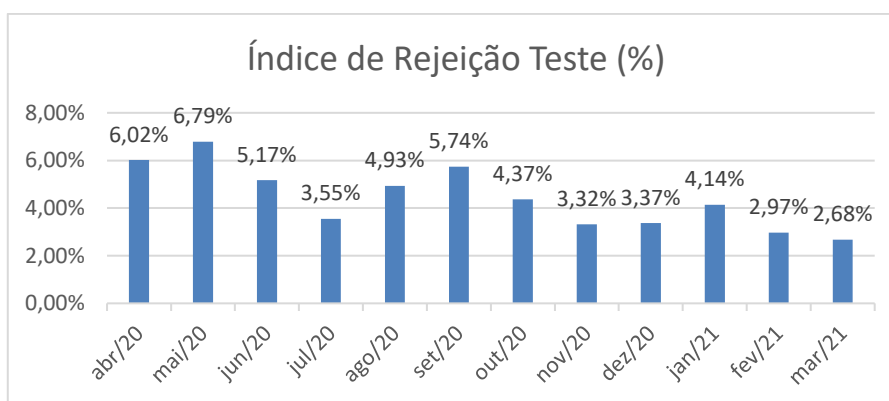
Observou-se como recurso gargalo a operação de teste hidrostático, pois, é a atividade com maior tempo de *setup* da linha de produção e com tempo de processo padrão, já que se trata de um teste padrão que deve ser executado no cilindro. O conceito de gargalo, define que mesmo que as demais operações apresentem maior eficiência, dificilmente vai resultar em um número mais elevado na taxa de entrega, pois, a atividade gargalo acaba ditando o ritmo de saída das peças, e

caso ocorra a melhora na eficiência em operações que não sejam gargalos, apenas fará com que as perdas aumentem.

A etapa de teste hidrostático é plenamente padronizada, onde os tempos de operações não podem ser ajustados e nem reduzidos, ainda impactam diante deste processo todos os problemas e defeitos operacionais da linha de montagem e de outros processos de fabricação como usinagem e solda, já que através do teste é identificado os problemas de estanqueidade e funcional.

Na Figura 11, apresenta o índice de rejeição do processo gargalo Teste Hidrostático, apontando em relação à coleta dos problemas a proporção em comparativo a todos os cilindros testados durante o mês.

Figura 11 - Índice de rejeição etapa de teste

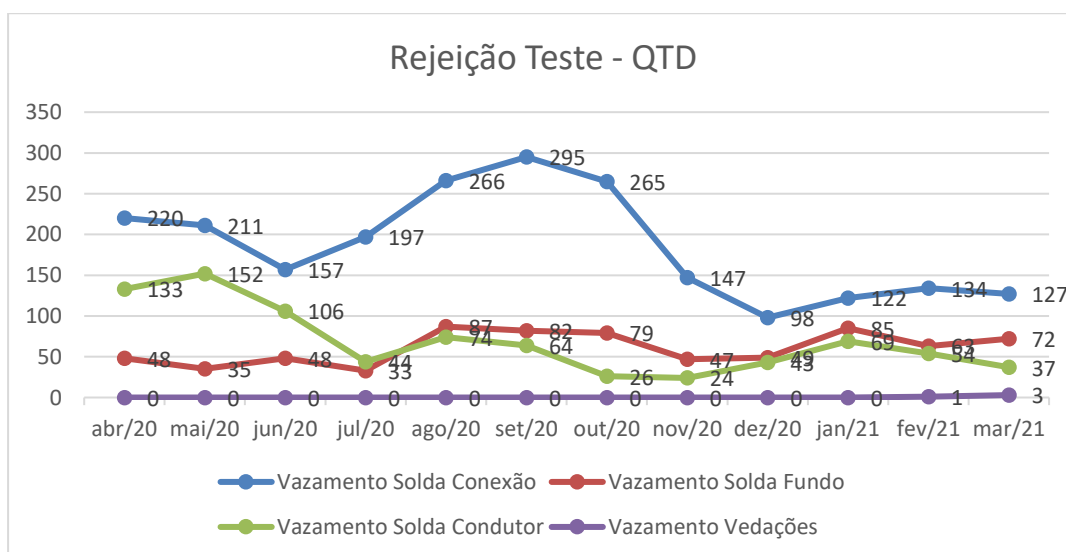


Fonte: Autor, (2021)

No exemplo da primeira coluna, temos o mês de abril de 2020, com um índice de 6,02% de rejeição.

Na Figura 12, temos os gráficos comparativos de cada problema e a quantidade que foram ocasionadas durante o período.

Figura 12 - Comparativo de Problemas



Fonte: Autor (2021)

Como exemplo temos a linha superior (azul), com os dados de vazamento de solda na conexão, apontando as quantidades de problemas desta classificação, identificados no processo produtivo.

4.3 Etapa “A” Analisar

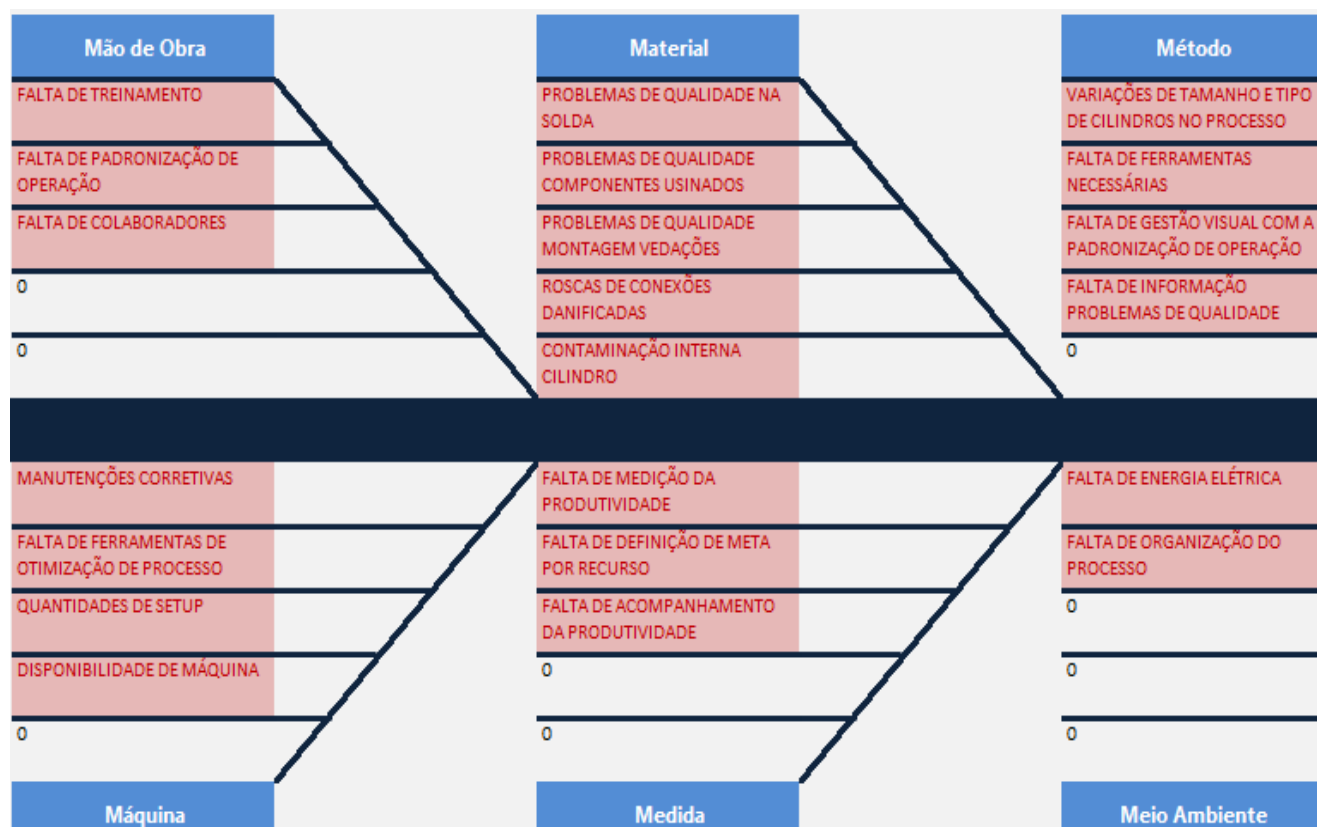
No tópico de análise, inicia-se a etapa “A”, onde é realizado a avaliação de causa para atingir a etapa de definição.

4.3.1 Kaizen e análise de dados

A aplicação da ferramenta *kaizen* para melhoria dos problemas apresentados, envolvendo desde procedimentos operacionais até pesquisa com os fornecedores de matéria-prima seria muito relevante, pois, teria como objetivo reduzir e até mesmo eliminar as variações que impactam neste processo, o que por sua vez, melhoraria o recurso gargalo e permitiria uma elevação na saída de peças do processo.

Através da identificação do gargalo, foram destinadas as ações para esta etapa produtiva, com a utilização por meio da equipe, líderes, gestores e operadores do processo. Primeiramente utilizando o Diagrama de Ishikawa, conforme apresentado na Figura 13, como exemplo, na primeira espinha da figura, temos o grupo, mão de obra, onde foi identificado os efeitos que podem afetar essa classificação.

Figura 13 - Diagrama de Ishikawa Processo Gargalo



Fonte: Autor (2021)

Após a identificação dos efeitos através da ferramenta Ishikawa, foi coletado os dados e realizado a montagem da matriz GUT, a média das notas entre os participantes do grupo Kaizen foram definidas conforme quadro da Tabela 1 - Matriz GUT Processo Gargalo. Todos os dados identificados no diagrama de Ishikawa, foram colocados na matriz. Conforme exemplo da linha X1, o feito foi avaliado pelo grupo com a média 4 para gravidade, 5 para urgência e 4 para tendência, gerando a maior prioridade, que se trata da soma entre às três características citadas.

Tabela 1 - Matriz GUT Processo Gargalo

CÓD	Efeito ou Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Prioridade	
X1	QUANTIDADES DE SETUP	4	5	4	13	GRAVIDADE
X2	FALTA DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUTIVIDADE	4	4	5	13	2 = POUCO GRAVE
X3	FALTA DE MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE	4	4	4	12	3 = GRAVE
X4	FALTA DE DEFINIÇÃO DE META POR RECURSO	4	4	4	12	4 = MUITO GRAVE
X5	FALTA DE TREINAMENTO	3	4	4	11	5 = EXTREMAMENTE GRAVE
X6	FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE OPERAÇÃO	3	4	4	11	
X7	FALTA DE FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO	3	4	4	11	URGÊNCIA
X8	VARIAÇÕES DE TAMANHO E TIPOS DE CILINDRO	3	4	4	11	1 = NÃO TEM PRESSA
X9	FALTA DE FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	4	3	4	11	2 = PODE ESPERAR UM POUCO
X10	FALTA DE GESTÃO VISUAL COM A PADRONIZAÇÃO DA OPERAÇÃO	4	4	3	11	3 = O MAIS CEDO POSSÍVEL
X11	FALTA DE ORGANIZAÇÃO DO LAYOUT E PROCESSO	4	3	4	11	4 = COM ALGUMA URGÊNCIA
X12	DISPONIBILIDADE DE MÁQUINA	3	4	3	10	5 = AÇÃO IMEDIATA
X13	FALTA DE INFORMAÇÃO REFERENTE A PROBLEMAS DE QUALIDADE	3	4	3	10	
X14	MANUTENÇÃO CORRETIVA	3	2	3	8	
X15	FALTA DE COLABORADORES	2	2	2	6	TENDÊNCIA
X16	PROBLEMAS DE QUALIDADE NA SOLDA	2	3	1	6	1 = NÃO VAI PIORAR
X17	PROBLEMAS DE QUALIDADE COMPONENTES USINADOS	2	3	1	6	2 = VAI PIORAR EM LONGO PRAZO
X18	PROBLEMAS DE QUALIDADE MONTAGEM VEDAÇÕES	2	3	1	6	3 = VAI PIORAR EM MÉDIO PRAZO
X19	ROSCAS DE CONEXÕES DANIFICADAS	2	2	1	5	4 = VAI PIORAR EM POUCO TEMPO
X20	CONTAMINAÇÃO INTERNA NO CILINDRO	2	2	1	5	5 = VAI PIORAR RAPIDAMENTE
X21	FALTA DE ENERGIA ELÉTRICA	1	1	1	3	

Fonte: Autor (2021)

Foi definido pela tomada de ação com base na prioridade superior a 11, conforme quadro acima, após foi executado a ferramenta de Esforço X Impacto, Tabela 2 - Matriz Esforço X Impacto Processo Gargalo, de modo a incluir mais problemas que tenham um esforço baixo e impacto alto. Conforme exemplo da primeira linha X13, foi avaliado pelo grupo como esforço baixo e alto impacto, desta forma destacando esse efeito.

Tabela 2 - Matriz Esforço X Impacto Processo Gargalo

CÓD	Efeito ou Problema	ESFORÇO	IMPACTO
X13	FALTA DE INFORMAÇÃO REFERENTE A PROBLEMAS DE QUALIDADE	BAIXO	ALTO
X2	FALTA DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUTIVIDADE	BAIXO	ALTO
X3	FALTA DE MEDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE	BAIXO	ALTO
X4	FALTA DE DEFINIÇÃO DE META POR RECURSO	BAIXO	ALTO
X1	QUANTIDADES DE SETUP	ALTO	ALTO
X5	FALTA DE TREINAMENTO	ALTO	ALTO
X6	FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE OPERAÇÃO	ALTO	ALTO
X7	FALTA DE FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO	ALTO	ALTO
X8	VARIAÇÕES DE TAMANHO E TIPOS DE CILINDRO	ALTO	ALTO
X9	FALTA DE FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	ALTO	ALTO
X10	FALTA DE GESTÃO VISUAL COM A PADRONIZAÇÃO DA OPERAÇÃO	ALTO	ALTO
X11	FALTA DE ORGANIZAÇÃO DO LAYOUT E PROCESSO	ALTO	ALTO
X12	DISPONIBILIDADE DE MÁQUINA	ALTO	ALTO
X14	MANUTENÇÃO CORRETIVA	ALTO	ALTO
X15	FALTA DE COLABORADORES	ALTO	ALTO
X16	PROBLEMAS DE QUALIDADE NA SOLDA	ALTO	ALTO
X17	PROBLEMAS DE QUALIDADE COMPONENTES USINADOS	ALTO	ALTO
X18	PROBLEMAS DE QUALIDADE MONTAGEM VEDAÇÕES	ALTO	ALTO
X19	ROSCAS DE CONEXÕES DANIFICADAS	ALTO	ALTO
X20	CONTAMINAÇÃO INTERNA NO CILINDRO	ALTO	BAIXO
X21	FALTA DE ENERGIA ELÉTRICA	ALTO	BAIXO

Fonte: Autor (2021)

Após a execução da ferramenta, foi adicionado o efeito falta de informação referente a problemas de qualidade, já que o mesmo foi avaliado como esforço baixo e impacto alto e não estava na lista da Matriz GUT. Efeitos identificados através da ferramenta serão incluídos na Etapa Melhorias, tópico 4.7.

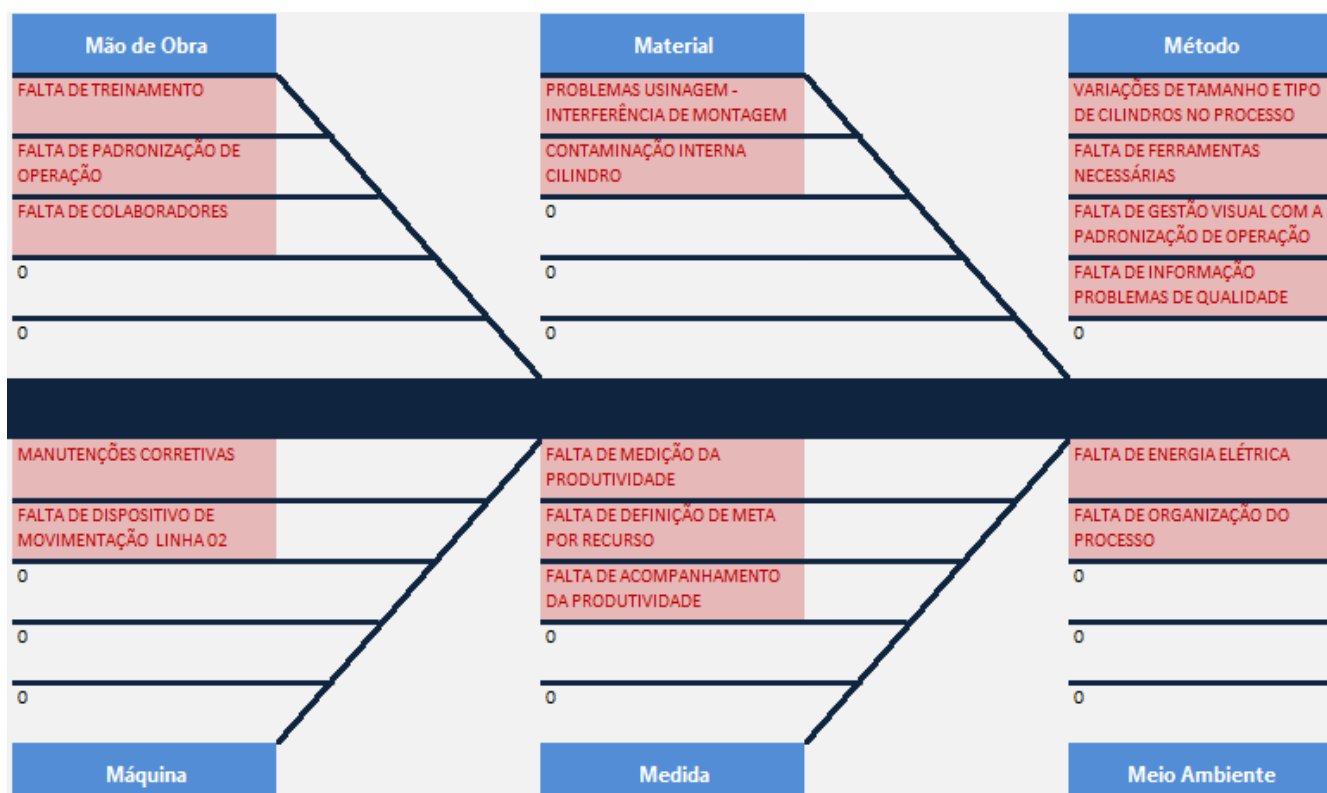
Após identificação da etapa e processo gargalo, as atividades e melhorias serão destinados ao mesmo, aplicando conceitos de *setup* e troca rápida de ferramentas, com o agrupamento de lotes com similaridade de *setup* junto a produção, acompanhamento e definição de fluxo, com a medição de produtividade, para ensaio e execução na linha de produção.

Já o RRC é a segunda operação com menor capacidade produtiva, perdendo apenas para o recurso gargalo. A operação que pode ser definida como RRC é o fechamento de cilindros. Se a atividade gargalo não parar no horário de pausa, o RRC não conseguirá abastecer o processo de forma com que não haja paradas referentes à falta de peças. Ou seja, neste ponto é necessário que exista, antes do gargalo, o que chamamos no TOC de pulmão para que pequenas interferências no processo não prejudiquem a eficiência do gargalo.

De acordo com a literatura, paradas no gargalo e no RRC devem ser acompanhadas e sanadas ou ao menos reduzidas. No setor em análise, não existe essa sistemática até mesmo porque não se tinha conhecimento da identificação destes recursos. A parada por falta de operadores (pausas, abastecimento de máquina entre outros deslocamentos) poderia ser resolvida com o revezamento da operação gargalo e do RRC. Como existem operações ociosas e conseqüentemente operadores ociosos também, as atividades gargalo e RRC poderiam ser revezadas sem a necessidade de aumento no quadro funcional.

Foi aplicado ao recurso RRC, em reunião Kaizen a ferramenta, diagrama de Ishikawa, onde obtivemos os seguintes dados, conforme representado na Figura 14 - Diagrama Ishikawa RRC. Conforme exemplo na característica de mão de obra, foi definido pelo grupo os efeitos relacionados.

Figura 14 - Diagrama Ishikawa RRC



Fonte: Autor (2021)

Após a identificação dos efeitos através da ferramenta Ishikawa, foi coletado os dados identificados e realizado a montagem da matriz GUT, a média das notas entre os participantes do grupo Kaizen foram definidas conforme quadro da Tabela 3 - Matriz GUT RRC. A matriz é montada com as informações identificadas no diagrama de Ishikawa, conforme exemplo da primeira linha X1, foi avaliado pelo grupo uma nota média de gravidade 3, urgência 4 e tendência 5, resultando no somatório de prioridade 12.

Tabela 3 - Matriz GUT RRC

CÓD	Efeito ou Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Prioridade	GRAVIDADE
X1	FALTA DE MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE	3	4	5	12	2 = POUCO GRAVE
X2	FALTA DE DISPOSITIVO DE MOVIMENTAÇÃO LINHA 02	3	4	4	11	3 = GRAVE
X3	FALTA DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUTIVIDADE	3	4	4	11	4 = MUITO GRAVE
X4	VARIAÇÃO DE TAMANHO E TIPO DE CILINDRO NO PROCESSO	4	3	4	11	5 = EXTREMAMENTE GRAVE
X5	FALTA DE DEFINIÇÃO DE META POR RECURSO	2	4	4	10	URGÊNCIA

X6	FALTA DE GESTÃO VISUAL COM PADRONIZAÇÃO DA OPERAÇÃO	3	4	3	10	1 = NÃO TEM PRESSA
X7	FALTA DE ORGANIZAÇÃO NO PROCESSO	3	3	4	10	2 = PODE ESPERAR UM POUCO
X8	FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE OPERAÇÃO	3	3	3	9	3 = O MAIS CEDO POSSÍVEL
X9	FALTA DE TREINAMENTO	3	2	2	7	4 = COM ALGUMA URGÊNCIA
X10	FALTA DE COLABORADORES	2	2	3	7	5 = AÇÃO IMEDIATA
X11	PROBLEMAS USINAGEM INTERFERÊNCIA MONTAGEM	2	2	3	7	TENDÊNCIA
X12	CONTAMINAÇÃO INTERNA CILINDRO	2	2	3	7	1 = NÃO VAI PIORAR
X13	MANUTENÇÃO CORRETIVAS	2	2	2	6	2 = VAI PIORAR EM LONGO PRAZO
						3 = VAI PIORAR EM MÉDIO PRAZO
						4 = VAI PIORAR EM POUCO TEMPO
						5 = VAI PIORAR RAPIDAMENTE

Fonte: Autor (2021)

Foi decidido pela tomada de ações em notas encontradas através da ferramenta matriz GUT superior a 10. Foi elaborado após a aplicação da ferramenta de esforço e impacto, de modo a identificar possíveis atividades com baixo esforço e alto impacto, Tabela 4 - Esforço X Impacto RRC, para priorizar estas atividades e incluir mais ações na lista. Conforme exemplo, temos a primeira linha X1, com o efeito que foi nomeado através da análise do grupo com esforço baixo e impacto alto, sendo destacado como prioridade, assim como a sequência grifada.

Tabela 4 - Esforço X Impacto RRC

CÓD	Efeito ou Problema	ESFORÇO	IMPACTO
X1	FALTA DE MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE	BAIXO	ALTO
X3	FALTA DE ACOMPANHAMENTO DA PRODUTIVIDADE	BAIXO	ALTO
X5	FALTA DE DEFINIÇÃO DE META POR RECURSO	BAIXO	ALTO
X6	FALTA DE GESTÃO VISUAL COM PADRONIZAÇÃO DA OPERAÇÃO	BAIXO	ALTO
X8	FALTA DE PADRONIZAÇÃO DE OPERAÇÃO	BAIXO	ALTO
X2	FALTA DE DISPOSITIVO DE MOVIMENTAÇÃO LINHA 02	ALTO	ALTO
X4	VARIAÇÃO DE TAMANHO E TIPO DE CILINDRO NO PROCESSO	ALTO	ALTO
X7	FALTA DE ORGANIZAÇÃO NO PROCESSO	ALTO	ALTO
X9	FALTA DE TREINAMENTO	ALTO	ALTO
X10	FALTA DE COLABORADORES	ALTO	ALTO
X11	PROBLEMAS USINAGEM INTERFERÊNCIA MONTAGEM	ALTO	ALTO
X12	CONTAMINAÇÃO INTERNA CILINDRO	ALTO	ALTO
X13	MANUTENÇÃO CORRETIVAS	ALTO	ALTO

Fonte: Autor (2021)

Através da ferramenta de priorização considerando esforço x impacto, foi incluído mais o item X8 falta de padronização de operação.

Através das informações identificadas no tópico 4.43, foi executado a ferramenta 5W2H, para priorizar e definir as atividades com base nos efeitos e problemas identificados.

No recurso gargalo e restritivo foi identificado diversos problemas relacionados a qualidade, para melhor compreender essas necessidades, criou-se o quadro da Tabela 5, que apresenta características dos equipamentos que compõem todo o processo de montagem de cilindros hidráulicos.

Conforme exemplo da primeira linha, foi preenchido os dados da operação, a lavagem, após a informação em relação ao processo, completado com automático, quantidade de equipamentos 1, tempo médio de *setup* neste caso não se aplica, não tem *setup*, e problemas de qualidade da operação, onde foram listados os possíveis problemas macros em relação ao processo de fabricação.

Tabela 5 - Características dos equipamentos

OPERAÇÃO	PROCESSO	QTD MÁQUINAS	TEMPO MÉDIO <i>SETUP</i> (MIN)	MODOS DE FALHA
LAVAGEM	AUTOMÁTICO	1	-	Quantidade de componentes divergentes Lavagem ineficiente Batidas e marcas visuais
MARCAÇÃO	MANUAL	2	3	Componente camisa divergente Marcação incorreta Posição incorreta de marcação Marcação ilegível Batidas e marcas visuais
MONTAGEM HASTE	MANUAL	2	-	Batidas na Haste Montagem incorreta componentes Danificar vedações durante a montagem Montagem invertida vedação Dimensional divergente
FECHAMENTO O CILINDRO	MANUAL	2	-	Batidas na haste / parte externa do cilindro Montagem incorreta componentes Danificar vedações durante o fechamento Dimensional divergente
TESTE HIDROSTÁTICO	AUTOMÁTICO / MANUAL	2 Automático ou 1 Manual	5	Vazamentos de solda Vazamento Interno Falha funcional Dimensão funcional divergente

Fonte: Autor (2021)

4.3.2 Análise de Perdas

Para identificar perdas no processo, é necessário, primeiramente, distinguir as operações em dois tópicos, são eles, operações que agregam valor, ou seja, que fazem algum tipo de transformação ou agregação ao produto e o segundo operações que não agregam valor, onde é definido por todas as operações do processo que não agregam nenhuma característica nova ao produto.

Tão importante quanto quantificar é qualificar os tipos de desperdícios. É a partir da qualificação das perdas que é possível verificar a real ineficiência, bem como optar pela melhor forma de saná-la. A Figura 15 abrange a classificação dos tipos de perdas inerentes ao

processo. Conforme exemplo da primeira linha, foi completado com a informação de perda por transporte o modo de falha deslocamento entre processos e assim sucessivamente.

Figura 15 - Quadro de Classificação de Perdas por processo

PERDAS	DESCRIÇÃO
Transporte	Deslocamento entre os processos.
Processamento	Tempo do processo de lavagem (preparação para a montagem, mas não transforma o produto).
Produto defeituoso	Etapa de inspeção visual das hastes Etapa de teste hidrostático e verificação de vazamentos externo e interno Verificação de Produtos defeituosos durante o processo todas as etapas do processo.
Por estoque	Estoque entre processos e principalmente antes do processo de teste hidrostático (gargalo).
Por espera	Espera na etapa Fechamento pelas peças que estão na marcação.

Fonte: Autor (2021)

Observa-se no quadro tarefas que representam perdas, as quais são classificadas em cinco tipos distintos: transporte, processamento, produto defeituoso, estoque e espera.

Entre as classificações que mais necessitam de atenção podemos citar por produto defeituoso, na qual, no referencial teórico deste trabalho, Slack et al. classificam esse tipo de perda como proveniente de variabilidade no processo. Aqui se reforça mais uma vez a importância de atuar na etapa de solda e usinagem, já que são responsáveis pela geração de toda a perda proveniente de produtos defeituosos, ou seja, variabilidade do processo, com frequência ocorrem interferências na montagem, geradas através do processo de usinagem dos componentes ou camisa, como o item necessita de cola química em cada montagem, quando é necessário o retrabalho o componente precisa ser queimado, danificando também as vedações.

Não havia um local destinado aos componentes defeituosos, nem a identificação correta, os mesmos estavam em meio ao fluxo produtivo, em estoque e sem controle. Foi implementado, uma rotina com o Preparador da linha de produção, para o destino rápido dos retrabalhos, identificação das peças e envio ao setor pertinente, foi incluído a informação do retrabalho na tela de controle de prioridades, facilitando a gestão e identificação.

A tela de controle de prioridades, se trata de um componente do sistema SKA de controle de produção, apresenta todas as operações e processos dos itens em produção, através de uma tela de sequenciamento de prioridade puxada com base na data cliente. Nesta tela foi implantando o controle de observação para facilitar o gerenciamento do retrabalho, apresentando diretamente no sistema.

Outra atividade que também representa perda significativa no processo são as por estoque. Geralmente esse tipo de perda pode ser minimizado através do estudo do *layout* do local ou do

fluxo produtivo. Perdas por processamento, por deslocamento e por espera também foram registradas. O balanceamento do fluxo poderia reduzi-las e, até mesmo, eliminá-las. As perdas citadas neste parágrafo são definidas no referencial teórico como provenientes de irregularidades no fluxo, o que reforça ainda mais o argumento de que somente o balanceamento da linha já auxiliaria.

4.4 Etapa ‘I’ Melhorar – Plano de Ação 5W2H

Durante cada tema desenvolvido foram desenvolvidas propostas de melhorias que viriam a beneficiar o andamento das atividades e, conseqüentemente, melhorar a eficiência. O quadro abaixo faz um resumo das melhorias executadas deixando-as mais objetivas e específicas através da utilização da ferramenta 5W2H da Tabela 6. Conforme exemplo da primeira linha do plano de ação, foi utilizado a ação de realizar Kaizen na etapa de solda, montagem e usinagem, onde inclui nas colunas seguintes os controles em relação a cada atividade.

Tabela 6 - Plano de ação

<i>WHAT</i>	<i>WHY</i>	<i>WHO</i>	<i>HOW MUCH</i>
Realizar Kaizen na etapa de Solda, Montagem e Usinagem	Reduzir perdas por inspeções posteriores	Engenharia de processo	Sem Investimento
Realizar balanceamento do processo	Ocupar de forma equilibrada todos os operadores, reduzir perdas por estoques	Supervisão produção	Sem Investimento
Agrupar as operações de lavagem e marcação	Apesar de não ser gargalo e RRC, é uma ação fácil de ser implementada e vai auxiliar no balanceamento	Engenharia de processo	Sem Investimento
Revezar posições de Trabalho	Gerar multifuncionalidade e redução da fadiga	Supervisão produção	Sem Investimento
Implementar troca rápida de ferramentas	Reduzir tempo de manutenções e setup	Técnico de processo	Em avaliação
Melhorar operação e capacidade produtiva do RRC	Prevenir interrupções que possam prejudicar o gargalo	Engenharia de processo	Em avaliação
Implantar gestão visual de qualidade em recurso gargalo	Facilitar a visualização dos problemas e dados para as reuniões	Engenharia de processo	Em orçamento
Implantar gestão visual de produtividade por recurso	Facilitar a gestão por parte da supervisão dos seus processos e recursos produtivos	Engenharia de processo	Em orçamento
Definir fluxo produtivo separando em duas linhas de produção	Diminuir estoque em processo e dar vazão e fluxo através da similaridade	Engenharia de processo	Sem investimento
Definir metodologia de retrabalho	Eliminar componentes parados em retrabalho sem a devida tratativa e identificação	Engenharia de processo	Sem investimento
Definir / atualizar instruções de processos padrões	Padronizar o processo e operação	Engenharia de processo	Sem investimento

Fonte: Autor (2021)

Neste capítulo, foi apresentado ao leitor a própria pesquisa científica com a aplicação das metodologias e a avaliação do processo produtivo. Após foi elaborado um plano de ação das atividades, visando alcançar o tema e objetivo.

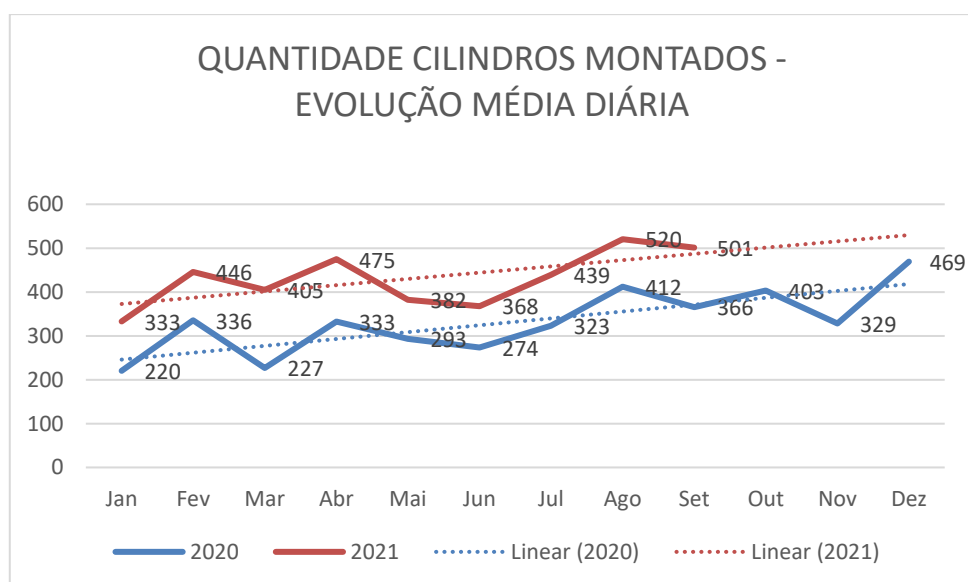
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico será desenvolvido e mensurado indicadores e métricas relativas aos objetivos exigidos, sendo eles quantitativos ou qualitativos, após executando a interpretação dos dados obtidos.

Foi desenvolvido conforme Figura 16, de modo a avaliar a evolução da produtividade e o resultado das ações, com a visão do gráfico em média diária de produtividade por mês. Conforme exemplo da primeira coluna em janeiro, tivemos uma média diária de 220 cilindros montados em janeiro de 2020 e já no mesmo período de 2021 uma quantidade 333 unidades de média diária.

Com a aplicação total das ações do capítulo Etapa 'I' Melhorar – Plano de Ação 5W2H e consolidação do projeto de melhoria, fica claro o aumento no comparativo da produtividade da linha de produção, conforme apresentado no gráfico abaixo. No período de 2020 a média diária de cilindros montados ficou em 332 unidades, antes da aplicação e início das melhorias. Após a aplicação do projeto de melhoria a média subiu 29%, atingindo ao número de 430 unidades de média diária, mantendo uma tendência e evolução em alta, conforme Figura 16.

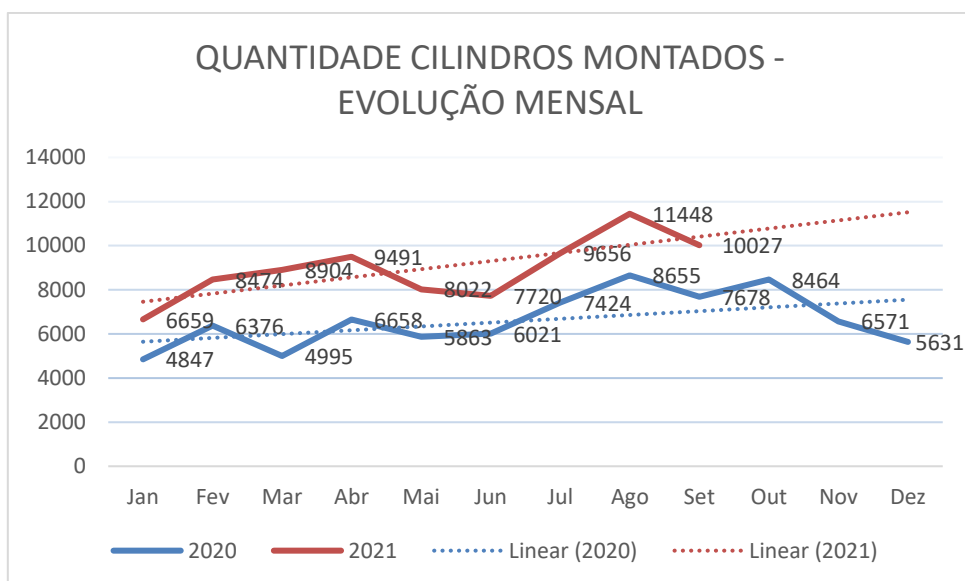
Figura 16 - Evolução Média Diária



Fonte: Autor (2021)

A evolução mensal da quantidade total reportada de cilindros conforme apresentado na Figura 17, mostram o mesmo crescimento e aumento de produtividade.

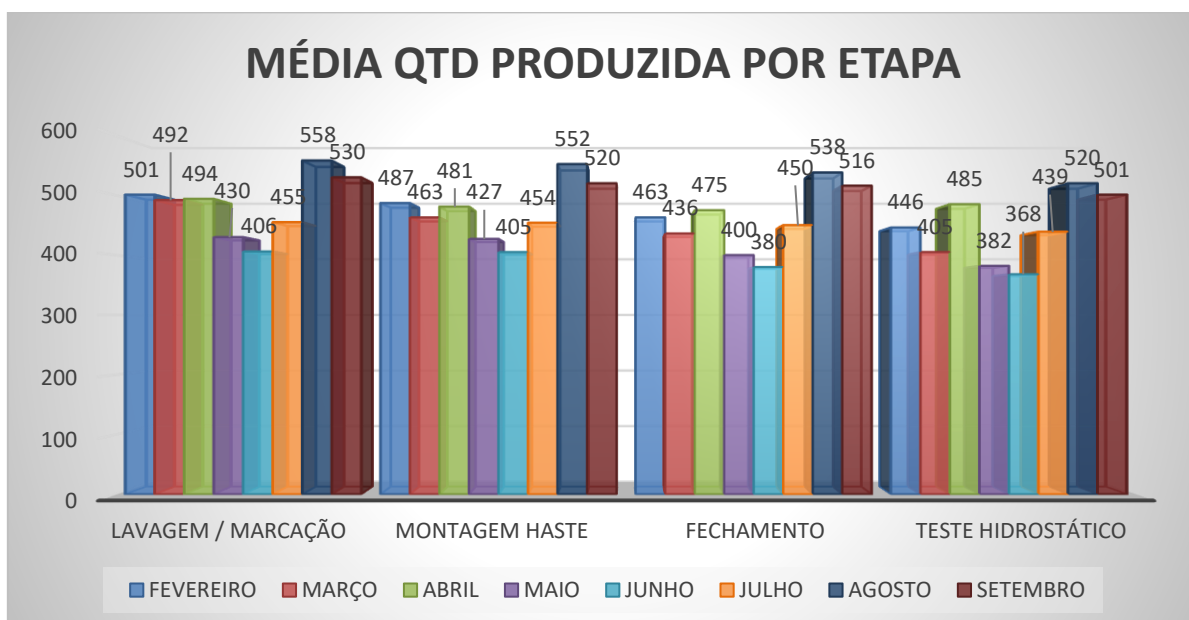
Figura 17 - Evolução Média Mensal



Fonte: Autor (2021)

A principal mudança no setor durante o período do projeto, foi em relação ao acompanhamento, medição e organização com a eliminação de desperdícios, onde os colaboradores foram incluídos no projeto de aumento de produtividade e capacidade, gerando consequentemente a evolução em produtividade por etapa produtiva, conforme controle da Figura 18, com o comparativo e evolução desde o início do trabalho no mês de Fevereiro.

Figura 18 - Evolução Média por Processo de Fabricação



Fonte: Autor (2021)

As ações iniciadas em relação ao fluxo e controle de retrabalhos, foram consolidadas e já vem surtindo efeito no processo de fabricação, com um fluxo contínuo e mais enxuto, aumentando a taxa de entrega final de cilindros, notamos a diferença da organização e redução do estoque em processo.

Neste tópico foi apresentado a conclusão do projeto de aumento de produtividade, onde o objetivo principal foi atingindo, por meio da execução do restante dos objetivos secundários, conforme detalhado nos gráficos de produtividade, comparando ao período de 2020.

6 CONCLUSÕES

Neste capítulo será retomado o assunto principal, apresentando o resultado final do trabalho, com as considerações relacionadas aos objetivos iniciais do projeto.

O projeto proporcionou ganhos significativos para a empresa sem ser necessário realizar investimentos, sendo propostas ações de rápida implantação. Durante o desenvolvimento foi observado que existem muitas oportunidades de melhorias, conforme mostra a metodologia enxuta. Reforça-se, nesse ponto, a importância de otimização da etapa gargalo, pois, resulta em um aumento na produção e da taxa de entrega do setor.

Conforme Womack e Jones, (1998), a criação de empresas enxutas exige sempre uma nova forma de pensar e agir dos seus funcionários, e transparência relacionada aos processos e ao fluxo de valor, de toda a cadeia produtiva.

Na etapa de melhorar no desenvolvimento foi realizado a implantação de ferramentas de controle de processo e produção, atingido o objetivo específico, através da execução do mapeamento do processo, medindo e direcionando esforços e ações para o processo gargalo e restritivo, garantindo assim o aumento da taxa de entrega do setor, conforme resultados apresentados.

A busca por metodologias de produção e gestão de processos para aplicação no projeto de melhoria, foi atingido durante o desenvolvimento do capítulo Referencial Teórico, estruturando o escopo do projeto com base na metodologia DMAIC e seus recursos para a execução estruturada de cada etapa, utilizando ferramentas e métodos de gestão, análise e medição.

O ajuste e aplicação de um fluxo de processo contínuo, foi realizado na etapa de desenvolvimento com a aplicação de metodologias que geram e resultam em ações que levam a esse pensamento enxuto, como balanceamento da produção, redução de perdas e melhoria contínua. O mapeamento e atuação no recurso gargalo bem como no RRC também foi crucial para atingir o objetivo geral do projeto, visto que os mesmos ditam o ritmo do processo e são os responsáveis pelas perdas por espera.

Foi realizado o balanceamento da linha de produção, identificando o recurso gargalo e restritivo, direcionando ações para a otimização da etapa gargalo, elevando a taxa de entrega do setor, conforme resultados apresentados e balanceando a linha de produção, diminuindo os desperdícios de estoque e espera, desta forma tornando o fluxo mais contínuo no processo produtivo.

Outra observação importante refere-se à ociosidade de algumas atividades enquanto outras acabam sendo sobrecarregadas, o que, por sua vez, nos remete à necessidade de balanceamento das mesmas. É importante salientar que o balanceamento deve considerar a necessidade de pulmões para que o gargalo não seja afetado.

A eliminação de perdas e desperdício no processo de fabricação, garantiu o aumento da produtividade, tornando o fluxo da linha de produção mais contínuo. O *Lean Manufacturing* auxiliou na resolução dos problemas encontrados bem como no aumento de eficiência deste setor, reduzindo e utilizando os pilares do desperdício como metodologia.

A medição de produtividade, visando acompanhar o resultado de todas as ações, mapear e identificar processos críticos e ineficientes e apresentar a evolução dos resultados das ações do plano de melhoria implantado, foi consolidada ao final do trabalho com a apresentação da evolução e melhoria da linha de produção, com base e pilar no mapeamento e análise.

Como o trabalho em um intuito de melhoria contínua, algumas sugestões podem ser colocadas como projetos futuros, afim de que, caso os resultados sejam de fato aplicados e surtam efeitos, possam trazer melhorias ainda mais rentáveis para a empresa, como a implantação do controle e apontamento por máquina, atualmente está por etapa de produção, e o aproveitamento do túnel de tratamento de superfície que é um dos maiores custos hora máquina da empresa, e muitas vezes acaba não estando com sua carga cheia de produção, oportunizando a redução de carga horário do centro de custo e mantendo a produtividade. Ambas as tratativas já foram iniciadas em conjunto com o trabalho.

Por fim, pode-se concluir que este estudo de caso conseguiu estruturar as ações e planos de melhorias visando os objetivos propostos inicialmente e, a partir dele, com a execução a empresa poderá alavancar resultados positivos referentes à eficiência em outros setores e linhas de produção, seguindo como base o conceito e projeto aplicado na linha de montagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATALHA, M. O. (). **Gestão Agroindustrial**. 2 ed. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- BEZERRA, T. T. C. C. M. V. P. S. C. I. M. **Aplicação das ferramentas da qualidade para diagnóstico de melhorias numa empresa de comercio de materiais elétricos**. [S.l.]: Enegep, 2012.
- BLACK, J. T. O. **Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, Reimpressão: 2001.
- CAMPOS, F. **Cooperação e aprendizagem on-line**. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.
- CÔRREA, H. L.; CÔRREA, C. A. **Administração da produção e operações – manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2004.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRPII e OPT**. 2 ed. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- D'AVILLAR, P. O que a matriz esforço x impacto pode fazer por você e pelo seu trabalho?, 2018. Disponível em: <<https://dinamicatreinamentos.com/blog/conheca-a-matrizdeesforco-e-impacto/>>.
- DAVID, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DEMBOGURSKI, R. E. A. **Balanceamento de linha de produção**. Rio de Janeiro. 2008.
- FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, R. H. Discussão Conceitual dos, 21 Março 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR52_0059.pdf>.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2001.
- ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- LISBOA, M. D. G. P. . & G. L. P. **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering. [S.l.]: [s.n.], 2012. 32-47 p.
- MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.
- MARIANO, E. B. **Conceitos Básicos de Análise de Eficiência Produtiva**. São Paulo, p. 1-12. 2007.
- MARX, K. **O Capital**. 3. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2002.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- OLIVEIRA, F. **Balanceamento de Linha de Produção: um estudo de caso em uma indústria naval**. Bento Gonçalves. 2012.
- PANTALEÃO, L. **Capacitação tecnológica "in company"**. Porto Alegre. 2008.
- ROCHA, R. P.; OLIVEIRA, C. C. **Balanceamento de Linha: Estudo de caso na produção de Boneless Leg (BL) em um frigorífico de aves**. Foz do Iguaçu. 2007.
- SCHETTINI, D. C. D. Eficiência Produtiva da Indústria de Transformação nas Regiões Brasileiras. **Uma análise de fronteiras estocásticas e cadeias especiais de Markov**, 2010.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Tradução de Eduardo Schaan. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SILVA, G. G. M. P. E. A. **A manufatura enxuta aplicada no setor de serviços: um**. Foz do Iguaçu. 2007.
- SLACK, N. E. A. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, N. E. A. **Gerenciamento de operações e de processos**. 1 ed. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SOUZA, F. B. D. Do OPT à teoria das restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p. 184-197, 2005.

TANGEN, S. Work, An overview of frequently used performance measures. In: _____ **Work Study 7**. Emerald: MCB-UP Limited, 2003. p. 347-354.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean**. 1 ed. ed. Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 3 ed. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdícios e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; DANIEL, R. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Tradução de Ivo Koritowki. Rio de Janeiro: Campus, 1992.