

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MAURÍCIO RIBEIRO DE MELLO

**ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO
ATRAVÉS DO MÉTODO DMAIC**

MANAUS

2023

MAURÍCIO RIBEIRO DE MELLO

**ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO
ATRAVÉS DO MÉTODO DMAIC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Orientador(a): Profa. Dra. Nadja Polyana Felizola Cabete

MANAUS
2023

MAURÍCIO RIBEIRO DE MELLO

**ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO
ATRAVÉS DO MÉTODO DMAIC**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: Manaus (AM), 31 de março de 2023.

Banca examinadora:



Prof. Nadja Polyana Felizola Cabete, Dra.
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Silvio Romero Adjar Marques, Me.
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Carly Pinheiro Trindade, Me.
Universidade do Estado do Amazonas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais Lúcia e Nonato, minha irmã Marta e minha namorada Giovanna por todo o apoio mental e material, os incentivos e as vitórias comemoradas durante essa jornada acadêmica.

Agradeço a professora orientadora Nadja Polyana Felizola Cabete, pela dedicação, paciência e valiosas orientações que proporcionaram condições de realizar esta pesquisa com qualidade e rigor acadêmico.

Aos amigos de graduação e empresa júnior, em especial João Paulo, Caio Bandeira, Gabriel Pinheiro e Tomás Martins, pela amizade e por todas as experiências vividas em projetos extracurriculares e o conhecimento compartilhado na academia.

Sou muito grato ao corpo de docentes, altamente competente, que sempre prezou pelo desenvolvimento acadêmico dos discentes, com muito respeito, honestidade e dedicação.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo que não mencionados nominalmente, mas que tiveram um papel importante em minha formação acadêmica.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa aplicada através de um estudo de caso, realizado segundo o método de análise e solução de problemas DMAIC em um projeto Kaizen, com o objetivo de identificar as oportunidades de melhoria em uma célula de produção de máscaras faciais e a partir disso poder propor soluções para contribuir com o aumento da produtividade da célula e permitir o atendimento da demanda de produção mensal dos clientes. A célula trata-se de um processo inteiramente manual, e para alcançar esse objetivo foi realizada uma análise detalhada de cada etapa do processo, identificando os gargalos e as oportunidades de melhoria. Como principais resultados, foi identificada a necessidade de redução do tempo de ciclo do processo, implementação de ações corretivas quanto ao layout e balanceamento de linha, o que contribuiu para a melhoria do desempenho da produção reduzindo-se desperdícios no processo, tanto de movimentação, quanto de insumos de má qualidade, quanto de tempo de produção.

Palavras-chaves: DMAIC. Kaizen. Engenharia de produção. Máscaras faciais.

ABSTRACT

This paper presents a case study with quantitative aspect, analyzing the application of the DMAIC tool in a Kaizen project with the main objective of reducing the cycle time of a production cell of face mask respirators and, consequently, increase the average productivity per hour to ensure compliance with the monthly production demand. Production cell works manually on a secondary sector industry, located in the Manaus Free Trade Zone. To achieve this goal, a detailed process analysis was conducted, identifying the bottlenecks and opportunities for improvement. Next, it was necessary to implement corrective actions to ensure the improvement of the work center. The results appreciated that the application of these tools contributed to the improvement of the production performance, with an 8% reduction in cycle time. In addition, it was possible to reduce process waste, with a 1% reduction in losses related to poor quality inputs.

Keywords: *DMAIC. Kaizen. Production engineering. Lean Manufacturing.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação diagrama de Ishikawa	15
Figura 2 - Exemplo de layout funcional	18
Figura 3 - Layout celular	19
Figura 4 - Exemplo de mapa de spaghetti	19
Figura 5 - Fluxo DMAIC	22
Figura 6 - Fluxo de produção das atividades que agregam valor.....	25
Figura 7 - Gráfico de balanceamento de operações com 2 operadores em 2 turnos	28
Figura 8 - Diagrama de blocos com fluxo de movimentação de materiais .	29
Figura 9 - Histórico do OEE de janeiro a junho de 2022	30
Figura 10 - Histórico do Yield Loss de janeiro a junho de 2022	31
Figura 11 - Diagrama de Ishikawa do processo atual	31
Figura 12 - Novo layout da célula de produção	32
Figura 13 - Gráfico de balanceamento de operações com 3 operadores em 1 turno	34
Figura 14 - Gráfico representando OEE de Jan-Set 2022	37
Figura 15 - Gráfico representando Yield Loss de Jan-Set 2022	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Hipóteses do problema	11
Tabela 2 - Descrição dos setes desperdício de JIT	12
Tabela 3 - Descrição dos problemas encontrados em uma indústria de produção	17
Tabela 4 - Cronograma do Evento Kaizen	23
Tabela 5 - Metas do projeto	24
Tabela 6 - Tempo de ciclo de cada atividade da operação	26
Tabela 7 - Principais desconexões encontradas	32
Tabela 8 - Tempo de ciclo de cada atividade da operação pós balanceamento	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 HIPÓTESES	10
2. JUSTIFICATIVA	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	13
3.2 KANBAN.....	14
3.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	14
3.4 JUST IN TIME (JIT)	16
3.5 TIPOS DE LAYOUT.....	17
3.6 MAPA DE SPAGHETTI	19
3.7 OEE	19
4 METODOLOGIA	21
4.1 DEFINIÇÃO DE METAS	23
4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL.....	24
4.3 ANALISAR	31
4.4 MELHORAR	32
4.5 CONTROLAR	35
5 RESULTADOS E CONCLUSÕES	36
6 REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Com a pandemia causada pela COVID-19, o mundo todo sofreu transtornos com as medidas sanitárias necessárias tomadas pelos governos. O contágio de COVID-19 obrigou muitas empresas a interrupção das suas atividades comerciais, o que provocou uma parada sem precedentes do comércio na maioria dos setores da indústria. Vendedores a retalho e grandes empresas enfrentaram diversos desafios a curto prazo, tais como, a segurança e a saúde, cadeia de suprimentos, força de trabalho procura do consumidor, vendas, marketing e fluxo de caixa.

De acordo com um relatório publicado pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) em setembro de 2020, a produção industrial brasileira teve uma queda de 9,7% entre janeiro e julho de 2020 em relação ao mesmo período do ano anterior.

A Zona Franca de Manaus (ZFM) impacta diretamente na geração de empregos do Amazonas, em especial na cidade de Manaus que, de acordo com IBGE (2020), passou a ser a quinta cidade mais rica do Brasil em 2020 com um PIB de 97,5 bilhões de reais. Segundo dados da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), o setor secundário representa cerca de 90% desse faturamento total do Polo Industrial de Manaus, e teve queda no faturamento das empresas ZFM em cerca de 12,6% em 2020 em comparação ao ano anterior.

Esta pesquisa desenvolveu uma análise das dificuldades de produção que uma fábrica do Polo Industrial de Manaus está enfrentando desde a pandemia. Até o ano 2019, uma determinada célula de produção entregava, em média, 30 mil unidades/mês de uma máscara facial, operando sete horas por turno, em dois turnos e com dois operadores em cada turno. Com a pandemia houve um alto número de absenteísmo e falta de insumos, ocasionando a diminuição do ritmo da produção em vários setores e deixando um lead time de produção superior ao lead time da demanda, gerando um déficit no estoque.

Em 2022, o gestor da produção solicitou a elaboração de um projeto Kaizen na linha de máscaras faciais, com foco em reduzir o tempo de ciclo e aumentar a produtividade por hora da célula de produção a partir da análise das atividades dos operadores.

Com isso, o objetivo geral desta pesquisa é atribuir soluções para que a demanda de produção seja atingida, tornando o processo estável. Para tal, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a. Com base nos 8 desperdícios do Lean Manufacturing, detectar atividades que não agregam valor ao processo.
- b. Analisar cada atividade e propor melhorias.
- c. Implementar ações de melhoria, de acordo com as possibilidades da empresa.
- d. Validar as ações implementadas no processo produtivo.

Para uma pesquisa ser bem conduzida, é necessário ter uma metodologia clara, visto que ela descreve as etapas que serão seguidas para coletar, analisar e interpretar os dados que serão apresentados no trabalho. Uma metodologia bem definida ajuda a garantir a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos, assegura que o problema seja identificado e resolvido de forma eficaz, além de ajudar a reduzir o tempo e os custos envolvidos.

Portanto, nesta pesquisa optou-se pela utilização do método DMAIC, pelo qual será feito um roteiro para identificação, proposta e implementação de melhorias no processo. Isso inclui a identificação de problemas, análise de dados, determinação de causas raiz, desenvolvimento e implementação de soluções, além de monitoramento e controle dos resultados obtidos. O estudo será auxiliado por outras metodologias conhecidas pela comunidade de engenharia de produção, como: produção puxada, análise de tempos e métodos, análise de layout, diagrama de Ishikawa, previsão de demanda e análise de desperdícios.

Esta pesquisa fornecerá à empresa um estudo aplicado que influenciará nas tomadas de decisão dos gestores em relação ao uso de recursos humanos da fábrica, e ainda, sobre a capacidade de produção do centro de trabalho.

1.1 HIPÓTESES

A formulação de hipóteses é uma etapa crucial no processo de pesquisa, pois permite uma suposição guiada sobre a relação entre duas ou mais variáveis que serão testadas durante a pesquisa. As hipóteses orientam todo o processo de coleta e

análise de dados, ajudando a estabelecer objetivos claros e a identificar os possíveis resultados da pesquisa.

Na tabela 1, há um mapeamento das principais hipóteses que podem ter gerado a condição atual da produção.

Tabela 1 – Hipóteses do problema

Hipótese	Descrição
1	A falta de insumos está afetando diretamente a produção.
2	A demanda está acima da capacidade produtiva.
3	Os funcionários estão com suas atividades produtivas mal distribuídas.
4	Não há mão de obra suficiente.
5	A umidade e temperatura da fábrica estão fora do parâmetro especificado para ter a produção.

Fonte: autor (2022)

Devido ao projeto ser um Kaizen, que é centrado no trabalhador e incentiva a resolução de problemas no local de trabalho, a principal hipótese a ser explorada na pesquisa é a que os funcionários estão mal distribuídos entre suas operações, levando o pesquisador a buscar uma melhor redistribuição das atividades, eliminando as atividades que não estão agregando valor ao processo. O objetivo de um Kaizen é maximizar a eficiência e reduzir os custos, promovendo a participação dos funcionários e a melhoria contínua.

2. JUSTIFICATIVA

Com a aplicação de ferramentas de engenharia de produção em um projeto Kaizen, o estudo busca compreender o motivo da produção não conseguir atender demanda mensal de máscaras faciais, analisando os indicadores de desempenho, os gargalos do processo e o trabalho padrão.

Para tentar melhorar seus resultados as organizações precisam buscar melhorias contínuas nos seus processos e na redução dos seus custos de fabricação, tentando identificar no processo produtivo fatores que possam influenciar na elevação dos custos (WERNKE E JUNGES, 2017). Com um mercado cada vez mais competitivo em relação a preço de venda e a dificuldade na disponibilidade de matéria-

prima globalmente, urge a necessidade da busca e implementação de um modelo de produção cada vez mais enxuto e com o mínimo de falhas operacionais.

Devido à crise gerada pela COVID-19 no período entre 2020-2021, indústrias no mundo todo ficaram paradas por meses, gerando um gargalo nos estoques de matéria-prima ao redor do mundo. Com a empresa em estudo não foi diferente, a mesma ficou com atraso nas vendas com seus clientes, visto que a falta de insumos afetou diretamente a roda de programação, e esse problema será sanado a partir do momento em que a empresa puder atender a esta demanda.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura é uma etapa fundamental na elaboração de um trabalho acadêmico, ela consiste na busca, seleção, leitura, análise e interpretação de fontes bibliográficas relevantes para o tema em questão.

Toda a pesquisa feita para ao longo do estudo impacta diretamente nas ações do projeto, é fundamental que todos os envolvidos no projeto tenham alguns dos conhecimentos que estão listados abaixo, como o próprio Lean Manufacturing.

A metodologia Lean Manufacturing representa uma quebra nos paradigmas das organizações, exigindo mudança comportamental e sistêmica de todos os recursos envolvidos no processo. A identificação e eliminação dos desperdícios viabilizam melhorias na performance da empresa, atendendo às expectativas dos clientes e garantindo sua permanência no mercado (DA SILVA, 2016).

3.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Ao fim da 2ª Guerra Mundial, o Japão estava devastado pelos efeitos da guerra, com baixos volumes de produção, capital extremamente limitado e a necessidade de reconstrução para voltar a se tornar competitivo em um mercado dominado por montadoras como GM e Ford.

A partir dessa crise, a Toyota começa a implementar um sistema de produção que visa a eliminação total de perdas. A perda é qualquer atividade que não contribui para as operações tais como espera, acúmulo de peças semiprocessadas, retrabalho e outras atividades que não agregam valor (SHINGO, 1996).

O Toyota Production System (TPS) possui dois pilares como base: Just in Time e Jidoka. Just in time é definido como a movimentação rápida e coordenada de componentes ao longo de um sistema de produção e rede de suprimentos para atender à demanda do consumidor (SLACK, 2014). Já o Jidoka é descrito como “automação com toque humano”, às vezes é chamado de autonomização, o que significa automação com inteligência humana. Isso ocorre porque dá aos equipamentos a habilidade de distinguir peças boas e ruins de forma autônoma, sem serem monitoradas por um operador.

O termo “Lean Manufacturing” é a evolução do Sistema Toyota de Produção ou a sua adaptação para outras organizações, cada organização tem suas próprias

características, sejam elas operacionais, pessoais e até culturais, enfim possuem um DNA próprio, daí a necessidade de compreendê-lo e usá-lo de forma positiva (WOMACK E JONES, 2004).

3.2 KANBAN

De acordo com Womack e Jones (2004), o Kanban é uma das ferramentas utilizadas pelo sistema Toyota de produção para eliminar desperdícios e reduzir estoques, buscando a produção just-in-time (JIT), que consiste em produzir somente o necessário, no momento certo e na quantidade adequada. O Kanban permite que a produção seja acionada somente quando há demanda real, evitando a superprodução e o acúmulo de estoques desnecessários.

O Buffer Kanban é uma variação da técnica Kanban e é utilizado para garantir que haja um estoque mínimo de um item em um determinado processo, para evitar a interrupção da produção em caso de falta de material. É uma técnica útil para processos produtivos que exigem a movimentação constante de materiais entre processos e que possuem um alto grau de variação na demanda. De acordo com Serrat (2017), essa quantidade de estoque é determinada levando-se em consideração o tempo de ciclo e a demanda do cliente, e pode ser ajustada de acordo com a capacidade da equipe.

Através dos buffers Kanban, é possível garantir que a célula de produção não fique sem insumos durante a jornada de trabalho.

3.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

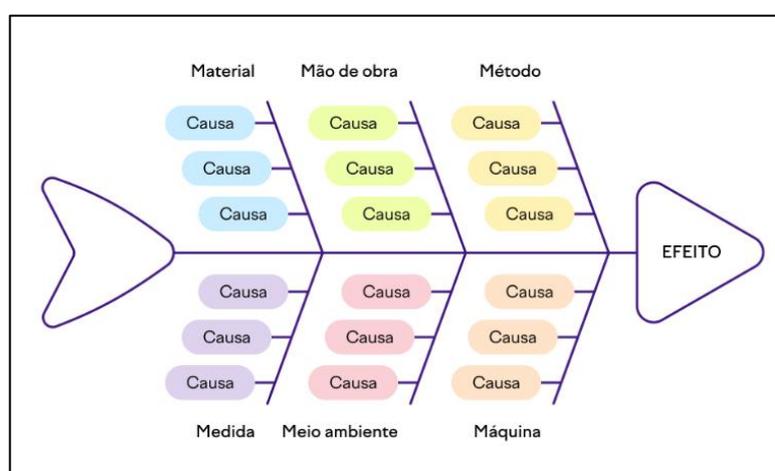
O diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta gráfica utilizada para identificar e analisar as causas de um problema. Segundo Ishikawa (1985), o diagrama é composto por um eixo principal, que representa o problema em questão, e ramos laterais que representam as possíveis causas do problema. Os ramos laterais podem ser divididos em sub-ramos, que detalham as causas mais específicas e suas inter-relações. São consideradas seis categorias que podem estar contribuindo para a ocorrência de um problema em um processo ou produto:

- a. Mão de obra: refere-se às pessoas envolvidas no processo, incluindo suas habilidades, conhecimentos e treinamento.
- b. Máquinas: refere-se às máquinas e equipamentos utilizados no processo, incluindo sua qualidade, capacidade e manutenção.
- c. Métodos: refere-se aos métodos e procedimentos utilizados no processo, incluindo sua padronização, eficácia e adequação.
- d. Medição: refere-se às medições e controles realizados no processo, incluindo a precisão e confiabilidade dos equipamentos de medição.
- e. Material: refere-se aos materiais utilizados no processo, incluindo sua qualidade, especificações e origem.
- f. Meio ambiente: refere-se ao ambiente em que o processo ocorre, incluindo fatores como temperatura, umidade, iluminação, ruído e ventilação.

Segundo Campos (2004), as seguintes etapas precisam ser feitas para um bom diagrama de Ishikawa: a definição do problema a ser estudado, a identificação das categorias de causas relacionadas ao problema, a realização de um brainstorming para listar todas as possíveis causas relacionadas a cada categoria, a organização das causas em um diagrama de Ishikawa, a análise detalhada de cada causa e a identificação de possíveis soluções para cada causa identificada.

Esta ferramenta será útil para garantir que todas causas serão mapeadas e relacionadas ao efeito que está gerando o problema do não atendimento do plano de produção.

Figura 1 – Representação diagrama de Ishikawa



Fonte: <https://pt.semrush.com/blog/diagrama-ishikawa/> (2022)

3.4 JUST IN TIME (JIT)

O Just in time é muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa filosofia que inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão dos recursos humanos (CORRÊA, 2005).

O sistema JIT se baseia na ideia de não produzir, transportar ou comprar nenhum produto antes do tempo ideal, apresentando diferenças em relação aos modelos tradicionais de produção. Sua principal característica é “puxar” a produção ao longo do processo, de acordo com a demanda, ou seja, produzir somente a quantidade exata de produtos, para satisfazer as necessidades do cliente no momento certo. Como consequência, os estoques são reduzidos à medida que há produção.

De acordo com Liker e Hill (2004), há sete tipos de desperdícios frequentemente associados a processos produtivos: superprodução, espera, transporte, processo, estoque, movimento e defeitos.

Tabela 2 - Descrição dos setes desperdício de JIT

Desperdício	Descrição
Transporte	Movimentação de materiais de um local para outro, este é um desperdício, uma vez que adiciona valor zero para o produto
Inventário	Inventários excessivos não agregam valor, só aumentam a armazenagem e os custos de depreciação.
Movimento	Este tipo de desperdício inclui movimentações de funcionários ou maquinário que são complicados e desnecessários.
Espera	Esse desperdício ocorre quando alguém ou algum equipamento que deveria estar produzindo não está fazendo nada.
Processo	Esse tipo de desperdício consiste na realização de um trabalho que não agrega valor ou agrega mais valor do que o necessário.
Superprodução	É quando a empresa produz mais do que precisa para atender o cliente. O excesso de produção gera os outros desperdícios
Defeitos	Os defeitos podem causar desperdício de matéria-prima ou do produto acabado, e ainda, refugo e/ou retrabalho.

Fonte: autor (2022)

O sistema JIT tem como objetivo fundamental a melhoria contínua do processo produtivo, com a redução de estoque ao mínimo necessário para evitar descontinuidades da produção, diante de problemas que podem ser classificados em três grandes grupos: qualidade, quebra de máquina e preparação de máquina (CORRÊA, 1993).

Tabela 3 – Descrição dos problemas encontrados em uma indústria de produção

Problema	Descrição
Qualidade	Quando alguns estágios do processo de produção apresentam problemas de qualidade, gerando refugo de forma incerta ou insumos que estão fora do especificado e falhas nos testes ao longo do processo produtivo.
Quebra de máquina	O processo produtivo é interrompido devido a uma parada de máquina por problemas de manutenção, impedindo que o fluxo de produção continue até que a máquina esteja consertada.
Preparação de máquina	Mais conhecido como <i>setup</i> de máquina, é a preparação de uma máquina para produzir um item que necessita de componentes diferentes para que se tenha a produção

Fonte: autor (2022)

Com o mapeamento dos desperdícios ao longo do estudo, é possível eliminar os que geram grandes perdas ou atrasos na produção.

3.5 TIPOS DE LAYOUT

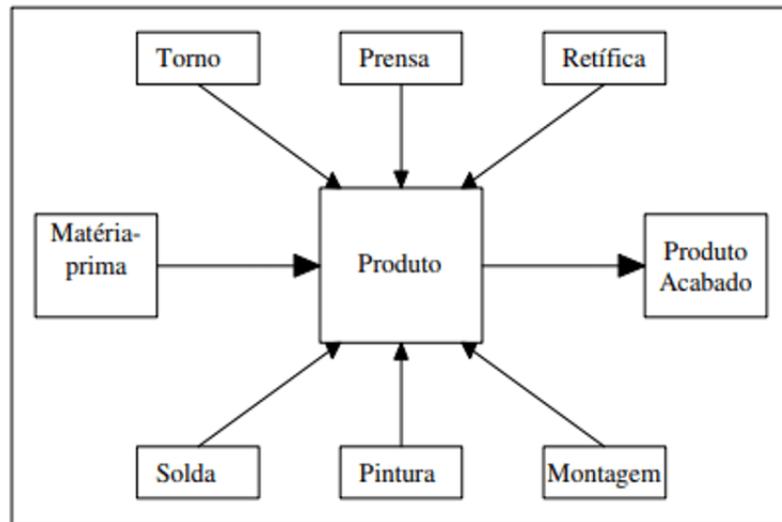
De acordo com Dongre & Mohite (2015), a produtividade de uma companhia pode ser altamente afetada pela distribuição do seu layout. Estima-se que o fluxo de material bem-sucedido pode afetar de 30 até 70% o custo de manufatura de um produto (Naqvi et al., 2016).

Segundo Corrêa (1993), temos dois tipos de layouts sendo os mais atrativos para as indústrias: funcional e celular.

No arranjo físico de layout funcional, os fluxos de materiais são variáveis e os roteiros de produção são diversos, correspondendo aos diferentes produtos produzidos na fábrica. Como é possível ver na figura 2, a movimentação de materiais é intensa e os recursos são agrupados por função, ou seja, agrupam-se máquinas

semelhantes. A grande distância de movimentação e o fato de os equipamentos processarem vários produtos diferentes, que requerem tempo para sua preparação, impõem a produção em lotes, gerando filas, estoques em processo e aumentando o lead time.

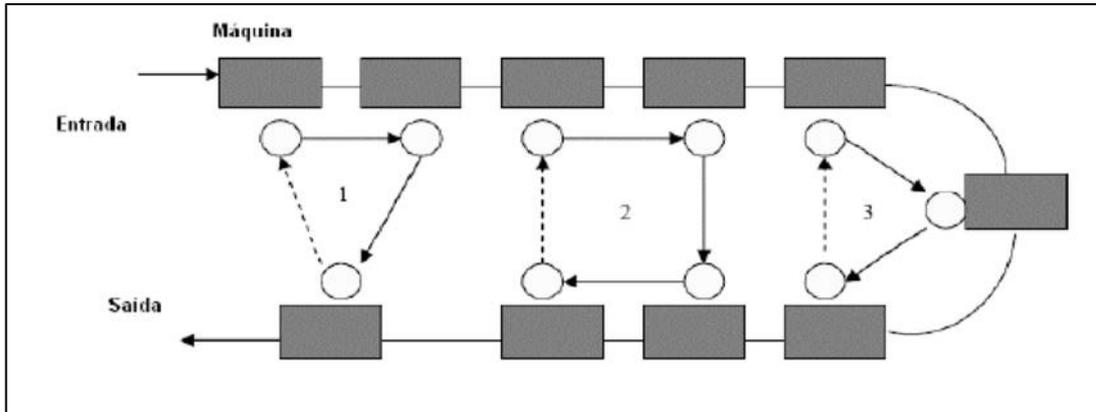
Figura 2: Exemplo de layout funcional



Fonte: GÓES, E. DOS S. et al. Leiaute (layout) e suas inter-relações nos sistemas produtivos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ed. 01, Vol. 04, pp. 82-101. 2020.

Já o layout celular é mais utilizado entre as empresas que adotam o Just in time, visto que é uma linearização do layout funcional. Os equipamentos ficam dispostos segundo o roteiro de produção dos produtos, favorecendo o fluxo e reduzindo a movimentação de materiais, filas e preparação. É aplicável a processos que se destinam a produzir grandes quantidades de poucos produtos padronizados. Na figura 3, há um exemplo de layout celular em forma de U, o mesmo proporciona que os operadores sejam multifuncionais durante o processo produtivo, evitando os estoques em processo.

Figura 3: Layout celular

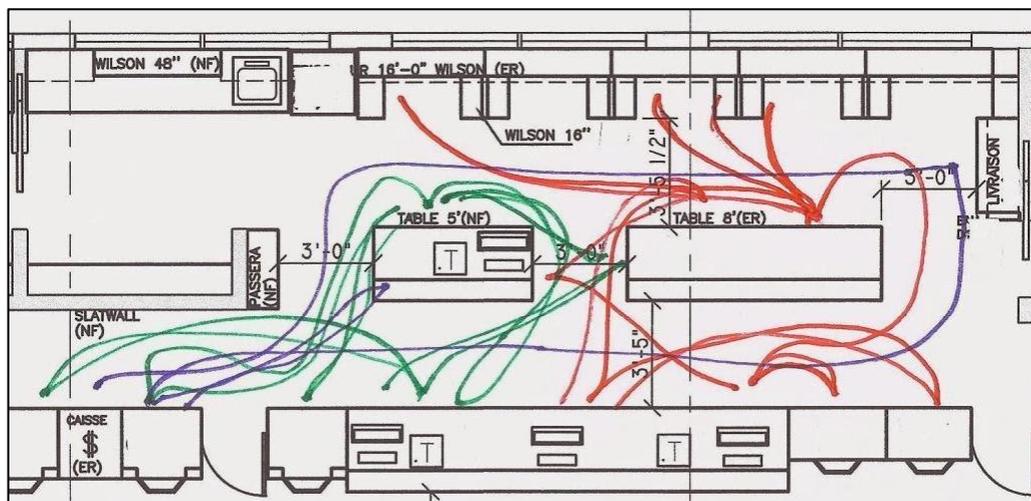


Fonte: RUSIVEL, P., MARTINS, V. W. **Sistema lean para otimização de recursos em uma indústria moveleira: estudo de caso com foco nas ferramentas da produção enxuta.** Revista Gestão Industrial, 2017.

3.6 MAPA DE SPAGHETTI

O mapa de spaghetti é uma representação visual de um processo de produção ou fluxo de trabalho, que destaca a movimentação desnecessária de pessoas, materiais ou informações. O objetivo é identificar e eliminar desperdícios, aprimorar a eficiência do processo e aumentar a qualidade do produto ou serviço final. É necessário mapear todas as etapas do processo, incluindo as atividades que não agregam valor. Em seguida, é desenhado um mapa que mostra o fluxo de trabalho, destacando as movimentações desnecessárias e as áreas onde ocorrem atrasos ou gargalos.

Figura 4: Exemplo de mapa de spaghetti



Fonte: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espagete> (2020)

3.7 OEE

De acordo com SANTOS, P. V. S. (2018), a eficiência global do equipamento (OEE) é um método comum utilizado para medir o desempenho de um equipamento com base em três vertentes, que são: disponibilidade, desempenho e qualidade. Sua aplicabilidade fornece a oportunidade de identificar fatores que limitam ou dificultam a melhor forma de operação da máquina.

Segundo GARZA-REYES, J. A. et al. (2010), o OEE é uma métrica quantitativa que não é usada apenas para controlar e monitorar a produtividade dos equipamentos da linha de produção, mas também é usado como indicador e condutor do processo.

Para calcular o OEE, é necessário multiplicar as porcentagens dos valores encontrados na disponibilidade, desempenho e qualidade, conforme as Equações I, II e III:

$$\text{I) } \textit{Disponibilidade} = \left(\frac{\textit{tempo produzido}}{\textit{tempo programado para produzir}} \right) * 100$$

$$\text{II) } \textit{Performance} = \left(\frac{\textit{quantidade de produção real}}{\textit{quantidade de produção teórica}} \right) * 100$$

$$\text{III) } \textit{Qualidade} = \left(\frac{\textit{quantidade de itens bons}}{\textit{quantidade total produzida}} \right) * 100$$

Com esses valores encontrados, é possível chegar ao valor final do OEE através da equação IV:

$$\text{IV) } \textit{OEE} = \textit{Disponibilidade} \times \textit{Performance} \times \textit{Qualidade}$$

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se uma pesquisa de natureza aplicada, com o objetivo explanatório e de abordagem quantitativa. Será realizada pelo método de um estudo de caso, seguindo o modelo DMAIC.

De acordo com Gil (2017), a pesquisa aplicada é uma das três principais modalidades de pesquisa, juntamente com a pesquisa exploratória e a pesquisa descritiva. Ele destaca que a pesquisa aplicada tem uma importância especial no contexto da ciência e tecnologia, pois contribui diretamente para o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias e serviços que atendem às necessidades da sociedade.

A pesquisa aplicada pode ser definida como uma atividade investigativa que visa aplicar conhecimentos teóricos na prática, com o objetivo de solucionar problemas ou contribuir para o desenvolvimento de produtos e serviços.

Como analisa Yin (2015) o estudo de caso explanatório é adequado para situações em que se busca entender as relações causais entre variáveis em um ambiente complexo, no qual há múltiplos fatores que influenciam o fenômeno em estudo. Na sua conclusão, é enfatizado que o estudo de caso explanatório requer uma análise mais profunda e sistemática dos dados, a fim de identificar as relações entre as variáveis.

Para Babbie (1999), o estudo de caso com abordagem quantitativa envolve a coleta de dados quantitativos em um contexto específico, que são analisados usando técnicas estatísticas, essa abordagem pode ser especialmente útil para testar hipóteses em um contexto específico e generalizar os resultados para outras situações.

Em análises de processos fabris o estudo de caso explanatório com caráter quantitativo é melhor método para compreender e identificar os parâmetros de produção, visto que é possível acompanhar a evolução dos dados conforme a implementação das mudanças.

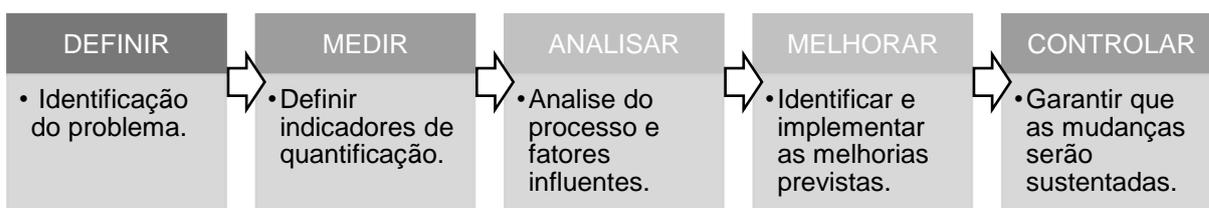
Para gerenciamento do projeto a metodologia a ser utilizada é o DMAIC, ele fornece uma estrutura clara para o planejamento e execução de projetos de melhoria, com um foco na coleta de dados, análise e solução de problemas. A metodologia é altamente estruturada e orientada a dados, o que a torna ideal para projetos que exigem uma abordagem rigorosa e sistemática.

Um projeto Six Sigma ou Kaizen utilizando o método de gerenciamento DMAIC é sempre acompanhado das sete ferramentas da qualidade, mas a flexibilidade do Six Sigma também pode ser combinada com outras ferramentas como: Gestão da qualidade total, gestão manufatura enxuta e teoria das restrições.

O método DMAIC é utilizado para solucionar problemas e melhorar a qualidade de processos. Sua sigla representa cinco etapas principais: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

- a. Definir (D): É a primeira fase do processo de identificação e definição dos problemas (X's), além de mensurar e estabelecer metas claras a serem alcançadas (Y's). É considerada uma fase bem importante, visto que uma má avaliação do cenário atual pode afetar todo o desenvolvimento de um projeto.
- b. Medir (M): Nessa etapa é onde são feitas as medições críticas do processo atual que para identificar áreas de oportunidade para melhorias.
- c. Analisar (A): É a terceira etapa, onde a equipe do projeto deve analisar os dados na etapa de medição para identificar as causas raiz das desconexões.
- d. Melhorar (I): Nesse momento é onde se faz necessário o desenvolvimento de soluções para os problemas encontrados anteriormente na etapa de análise. As soluções devem ser testadas e refinadas até que sejam eficazes em resolver o problema.
- e. Controlar (C): A última etapa envolve a implementação de controles para garantir que as melhorias feitas sejam sustentáveis e que o processo permaneça dentro das metas definidas.

Figura 5: Fluxo DMAIC



Fonte: autor (2023)

Rother e Shook (1999) defendem que o evento Kaizen envolve a formação de uma equipe multifuncional, que se concentra em um processo específico, com o objetivo de realizar melhorias em um curto período de tempo. Durante o evento, a equipe segue uma metodologia estruturada, que envolve a identificação de problemas, a análise das causas raiz, o desenvolvimento de soluções e a implementação das mudanças.

Foi definido que durante a primeira semana do mês de julho, seriam utilizados três dias para a implementação das melhorias propostas no item 4.4, parando todas as atividades produtivas na célula de produção, envolvendo todos os operadores nas ações de melhoria propostas durante o evento Kaizen, com o seguinte cronograma:

Tabela 4 – Cronograma do Evento Kaizen

Dia	Cronograma
1	Passar o conhecimento teórico para os operadores compreenderem a dinâmica de um evento kaizen, a programação da semana e as mudanças que estão sendo propostas.
2	Implementar as mudanças na célula de produção e começar os primeiros testes no modelo just in time.
3	Coletar opiniões e avaliações dos operadores em relação as mudanças feitas, em paralelo, manter o teste em andamento, avaliando os resultados

Fonte: autor (2022)

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E DAS METAS

Conforme o método DMAIC, na primeira fase foi feita a definição do problema que veio a motivar o projeto, através de uma conversa com o solicitante do projeto foram alinhadas as desconexões e dificuldades que o centro de produção possui. O problema a ser tratado nessa pesquisa é o fato de a célula de produção não conseguir entregar sua demanda de mercado, 30 mil unidades/mês. O estudo foi baseado na hipótese de analisar a distribuição das atividades entre os operadores, além de verificar as ações que não estão agregando valor ao processo de montagem do produto acabado.

Segundo Matthews, Barnes-Farrell e Bulger (2010), a definição clara de metas pode melhorar a satisfação no trabalho, a produtividade e a retenção de funcionários em empresas. Os autores argumentam que, quando os funcionários têm metas claras

e desafiadoras, eles são mais motivados a alcançá-las e, como resultado, se sentem mais satisfeitos com seu trabalho.

Dadas essas informações, foi possível definir os indicadores que servirão de parâmetro para acompanhamento quantitativo do projeto. O primeiro é a produtividade por hora do centro de trabalho, ou seja, qual a produção real de produtos acabados por hora. Atualmente a meta da célula é entregar 74 peças/h, por operador, mais detalhes na seção 4.2. Com a proposta de redistribuir e balancear as atividades dos operadores, o gerente de produção espera que a produtividade aumente para 76 peças/h, por operador, visto que haverá redução das atividades que não estão agregando valor. A partir do aumento de produtividade por hora, entende-se que é possível entregar a demanda solicitada pelo planejamento de produção, e em um cenário ideal, reduzir a operação para apenas 1 turno.

Em relação ao OEE, atualmente ele é afetado diretamente pela não utilização da máquina de testes em 100% do tempo produtivo, conforme explicado na seção 4.2.2, logo, um objetivo secundário do projeto é garantir que a máquina seja melhor aproveitada. As metas definidas foram as seguintes:

Tabela 5 – Metas do projeto.

Indicador	Meta
Produtividade	Y1: De 74 peças/h para 76 peças/h, por operador
OEE	Y2: De 55% para 65%
Turnos	Y3: De 2 para 1

Fonte: autor (2022)

Em contrapartida, não pode haver aumento de perdas de insumos ou produtos acabados no processo, que é controlado pelo indicador Yield Loss, que são as perdas inerentes ao processo produtivo, mais informações estão na seção 4.2.2.

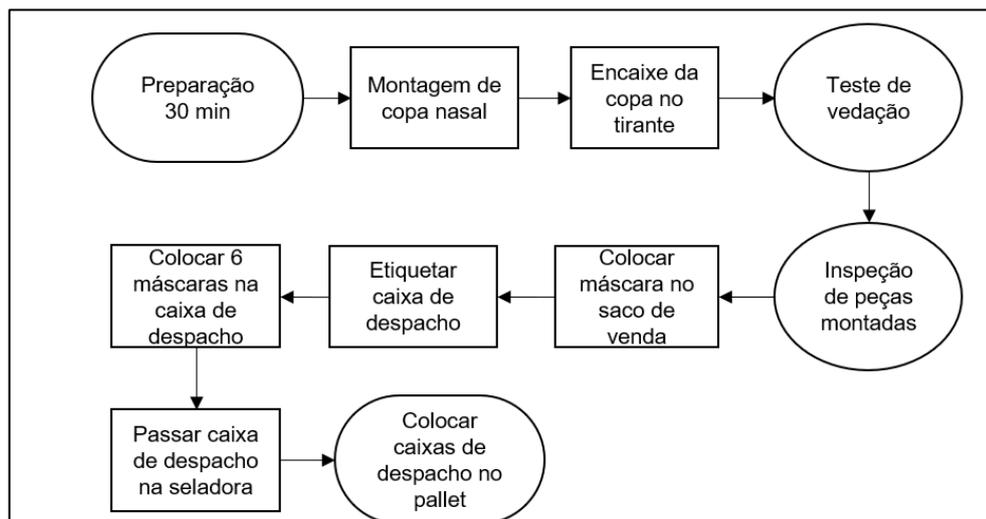
4.2 MAPEAMENTO DO ESTADO ATUAL

A cronoanálise é uma técnica fundamental para a melhoria contínua dos processos de produção, pois permite a identificação de gargalos, atividades desnecessárias, desperdícios de tempo e outras oportunidades de melhoria que podem ser eliminadas para aumentar a eficiência do processo.

Para mensurar os desperdícios fora empregada a cronoanálise, que originou o estudo de tempos e métodos, permitindo definir parâmetros que resultam na racionalização industrial. Para a realização da cronoanálise, é necessária a decomposição da operação e a distinção dos elementos homem-máquina em ciclos que contemplem a execução completa dos componentes de uma operação por um operário, com início e fim definidos, em um ritmo normal sob supervisão (FELLIPE et al., 2012)

Nessa etapa foi feito um estudo de cronoanálise para mapear o estado em todo o centro de trabalho, começando com um mapeamento das atividades executadas atualmente, figura 6, comparando com o que está proposto no documento da Ficha de Instrução de Trabalho (FIT), previamente estipulado com base em análises anteriores.

Figura 6: Fluxo de produção das atividades que agregam valor



Fonte: autor (2022)

No início de cada turno os operadores devem fazer uma rota padrão previamente definida pelo setor de engenharia de produção, nesse momento é onde ocorre o abastecimento de insumos, verifica-se o funcionamento das máquinas e começa a ordem de produção. Cada ordem de produção atende um total de 1200 produtos acabados. Um turno entrega, em média, 900 máscaras prontas para venda, totalizando 1800 produtos ao final de um dia.

Devido ao alto número de atividades para a montagem do produto acabado, detalhadas na tabela 6, todas as horas da produtivas ficam divididas em 2 etapas,

com duração de 30 minutos em cada fase, no qual há dedicação de 100% da operação nessas atividades, são elas: preparação e montagem.

Na fase da preparação é onde ocorre todo o preparo das peças que serão posteriormente encaixadas entre si. Os itens a serem preparados são as copas nasais, onde há o encaixe de dispositivos de vedação, além disso, tem a operação de incluir duas bulas e colar uma etiqueta no saco de despacho. Todo o material em processo é armazenado em três buffers kanbans com 72 peças, que são movimentados na célula de produção (figura 8).

Nos 30 minutos finais há a operação de encaixe da copa nasal no tirante através do acionamento de uma máquina, onde já é feito um teste de vedação no qual é feita a verificação se as partes estão bem encaixadas e sem vazamento de ar. A partir desse momento, ocorre uma inspeção visual para garantir os padrões de qualidade relacionados a estética do produto. Após essas etapas, coloca-se a máscara no saco de despacho, em seguida é colada uma etiqueta na caixa de despacho e o operador bota 6 máscaras dentro da caixa. Por fim, a caixa é selada com fitas adesivas e posteriormente colocada no pallet.

Na tabela 6, é possível ver quanto tempo o operador passa executando cada tarefa, por peça unitária.

Tabela 6: Tempo de ciclo de cada atividade da operação

Etapa	Atividade	Operador	Tempo por peça (s)
Rota padrão	Tirar etiqueta	OP2	0,50
Rota padrão	Retirar o tirante da caixa	OP1	0,53
Preparação	Colocar tirante no suporte	OP1	0,48
Preparação	Colocar copa na mesa, desfazer caixa e jogar na caixa de resíduos	OP2	2,48
Preparação	Preparar copa nasal	OP2	7,76
Montagem	Colocar máscara na máquina, colocar válvula de exalação, iniciar teste e colocar o tirante	OP2	8,00
Montagem	Revisar máscara	OP1	11,00
Preparação	Colocar etiqueta no saco e colocar 2 bulas dentro + máscara	OP1	7,17
Empacotamento	Etiquetar caixa e montar	OP1	2,67
Empacotamento	Colocar material dentro da caixa	OP1	1,67
Empacotamento	Colocar caixa no pallet	OP1	0,67
Empacotamento	Passar filme no pallet	OP2	0,18

Empacotamento	Levar pallet pronto para área	OP2	0,24
Rota padrão	Fechar relatório	OP2	1,84
Tempo de ciclo por produto acabado			45,18

Fonte: autor (2022)

Com os valores da tabela 6, é possível identificar que o gargalo da operação está na atividade de preparação do saco onde a máscara vai ser embalada, gerando espera.

De acordo com GOMES (2018), o takt time é o espaço de tempo no qual uma unidade de produto deve ser produzida para atender a demanda do cliente em um determinado período, sendo representado pela equação V:

$$V) \quad Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Demanda\ no\ período}$$

Para melhor entendimento do cálculo de takt time, seguem os dados que influenciam diretamente no seu valor final:

- a. A demanda no período é de 30.000 peças/mês;
- b. A célula opera em dois turnos de 8 horas e 24 dias por mês;
- c. A célula para 1 hora por turno para refeição;
- d. A célula trabalha com 2 operadores por turno;
- e. O tempo médio de rota padrão é de 30 minutos por turno;
- f. OEE médio da operação é de 55% (figura 9)

Com essas informações, é possível encontrar o valor do tempo disponível ao fim do mês:

$$VI) \quad Tempo\ disponível = (tempo\ de\ trabalho - rota\ padrão) * OEE$$

$$Tempo\ de\ trabalho = 2\ turnos * 24\ dias * 7\ horas * 3600\ segundos = 1209600\ seg$$

$$Rota\ padrão = 2\ turnos * 24\ dias * 30\ minutos * 60\ segundos = 86400\ seg$$

$$Tempo\ disponível = (1209600 - 86400) * 0,55 = 617760\ seg$$

Dados os valores de tempo disponível e demanda, é possível calcular o takt time por meio da equação V:

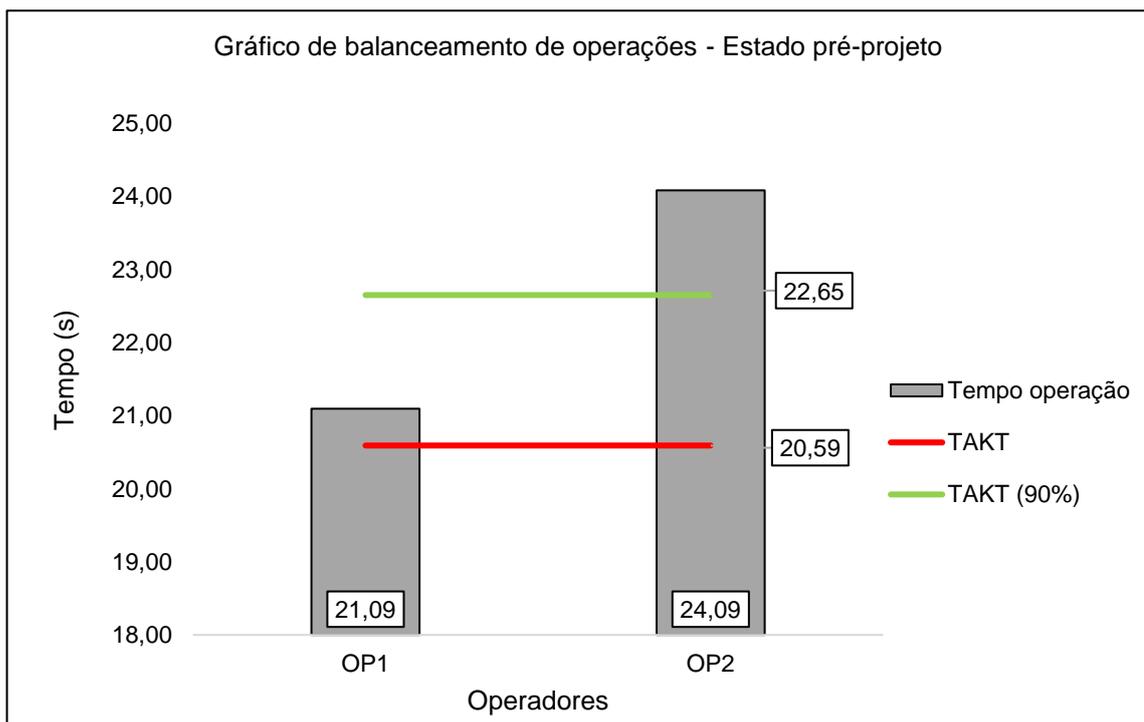
$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível/mês}{Demanda\ mensal} = \frac{617760}{30.000} = 20,59\ seg/peça$$

A utilização de uma margem de 10% sobre o Takt Time é uma prática comum na indústria, a fim de garantir que imprevistos e eventuais atrasos não prejudiquem a produção. Essa margem permite uma maior flexibilidade e ajustes na produção, sem comprometer a qualidade e a eficiência do processo produtivo. Com isso o valor final do takt time pode ser encontrado através equação VII:

$$VII) \quad Takt\ time\ (90\%) = (20,59 * 10\%) + 20,59 = 22,65\ seg/peça$$

O balanceamento dessas atividades pode ser representado pelo gráfico na figura 7:

Figura 7: Gráfico de balanceamento de operações com 2 operadores em 2 turnos



Fonte: autor (2022)

A partir dos dados encontrados acima, é possível encontrar a meta de produção por hora de cada operador com a equação VIII:

$$\text{VIII) } \textit{meta} = \frac{\textit{Disponibilidade por hora (s)}}{\textit{Tempo do operador com maior ciclo(s)} * \textit{número de operadores}} =$$

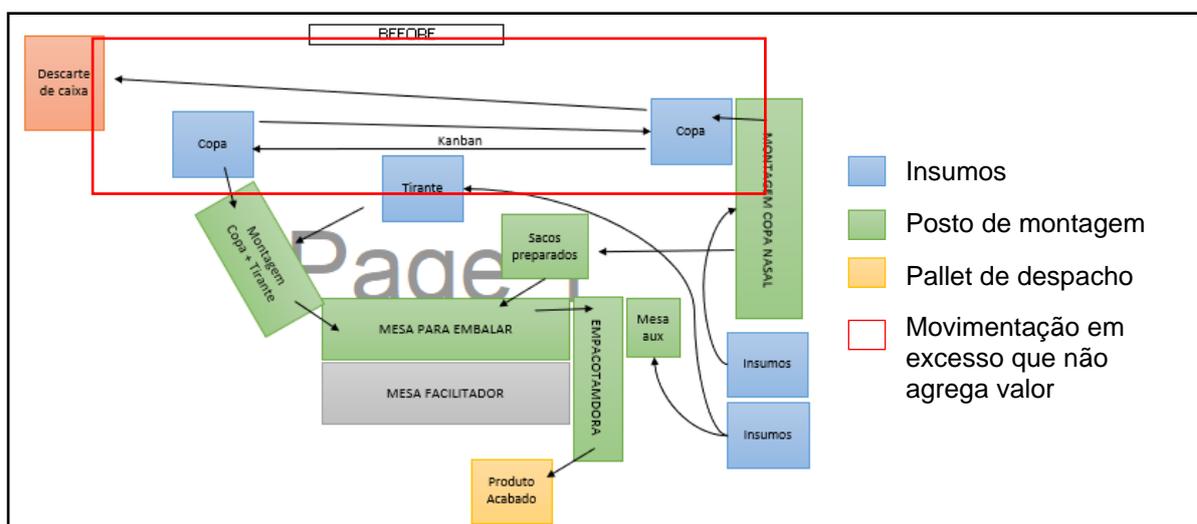
$$\frac{3600}{24,09 * 2}$$

Logo, meta ≈ 74 peças/h, por operador.

4.2.1 ANÁLISE DO FLUXO DE MATERIAIS

Através do mapa de spaghetti, houve a verificação da movimentação do fluxo de material dentro da célula de produção para identificar o excesso de transporte e movimento que não estavam agregando valor.

Figura 8: Diagrama de blocos com fluxo de movimentação de materiais



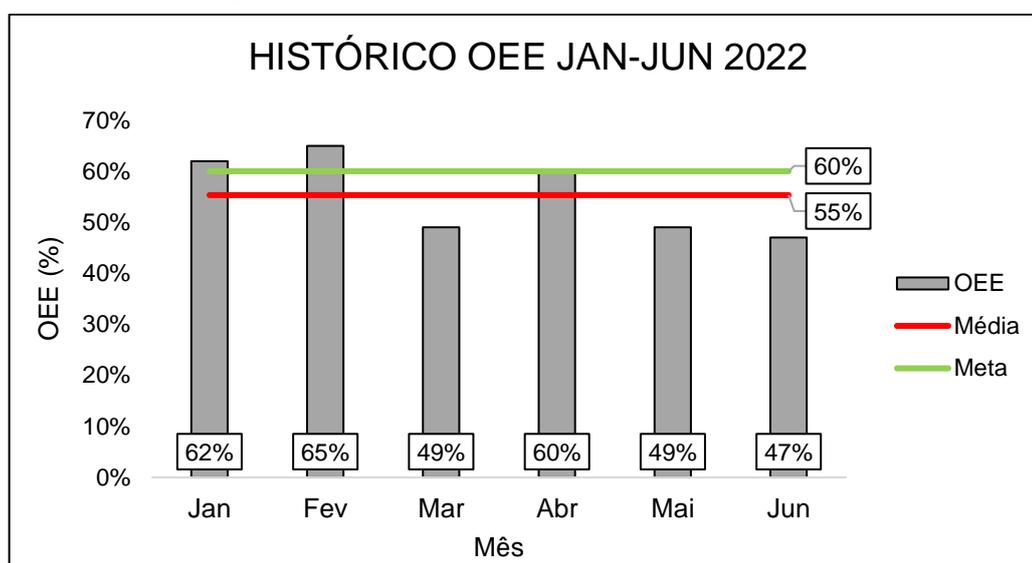
Fonte: autor (2022)

Na figura 8 é destacado onde há o maior desperdício de movimentação por partes dos operadores, o excesso de transporte é dado a partir da movimentação de copa nasal entre as bancadas de montagem, as copas são movimentadas dentro de buffer Kanban. Isso ocorre pois não há um aproveitamento adequado do espaço físico dentro da célula. Essa atividade dura cerca de 60 segundos, tomando do tempo do operador pelo menos duas vezes por hora, impactando diretamente no ritmo de produção

4.2.2 INDICADORES DE PERFORMANCE

Analisando o indicador OEE, quanto maior seu valor, melhor está a eficiência da máquina. Com base nos últimos 6 meses, foram coletados dados de OEE da única máquina da operação, os números do indicador informam que em 3 meses o indicador esteve abaixo da meta de 60% (figura 9), com uma média geral de 55%. O principal influenciador do baixo OEE é a disponibilidade, que é afetada com a parada dos operadores durante os 30 minutos de preparação. Nos momentos em que a disponibilidade da máquina era superior a 50%, os operadores estavam sendo auxiliados por uma terceira pessoa.

Figura 9: Histórico do OEE de janeiro a junho de 2022

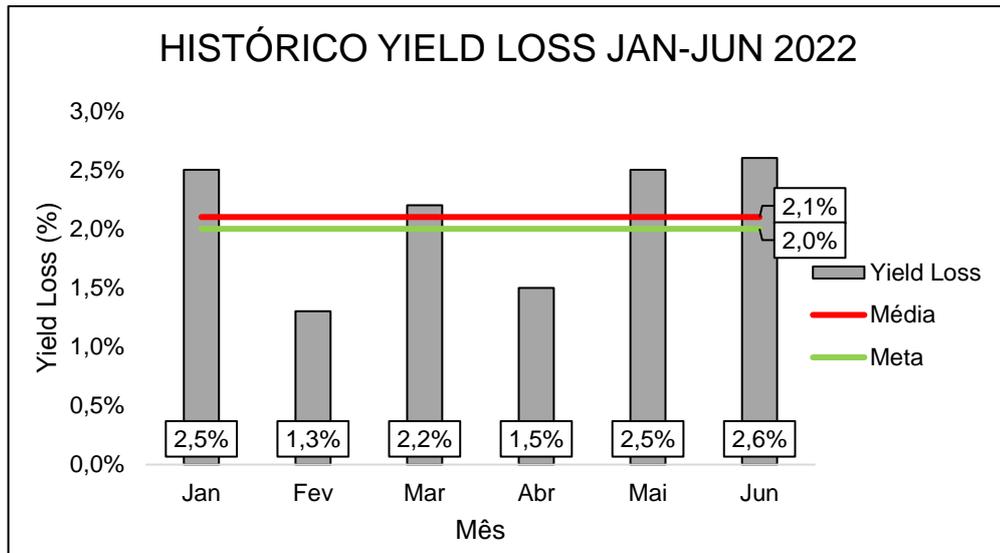


Fonte: autor (2022)

Em relação as perdas inerentes ao processo, a meta pré-definida é ficar abaixo de 2,0% do que foi produzido, esse valor foi definido previamente pelo time de engenharia conforme o histórico de perdas que a máquina possui.

Este indicador é acompanhado diariamente, em caso de um reporte de perdas acima do esperado é necessário a avaliação do lote de insumos que pode estar gerando o problema. Na figura 10, é possível verificar o histórico de perdas nos primeiros seis meses de 2022.

Figura 10: Histórico do Yield Loss de janeiro a junho de 2022

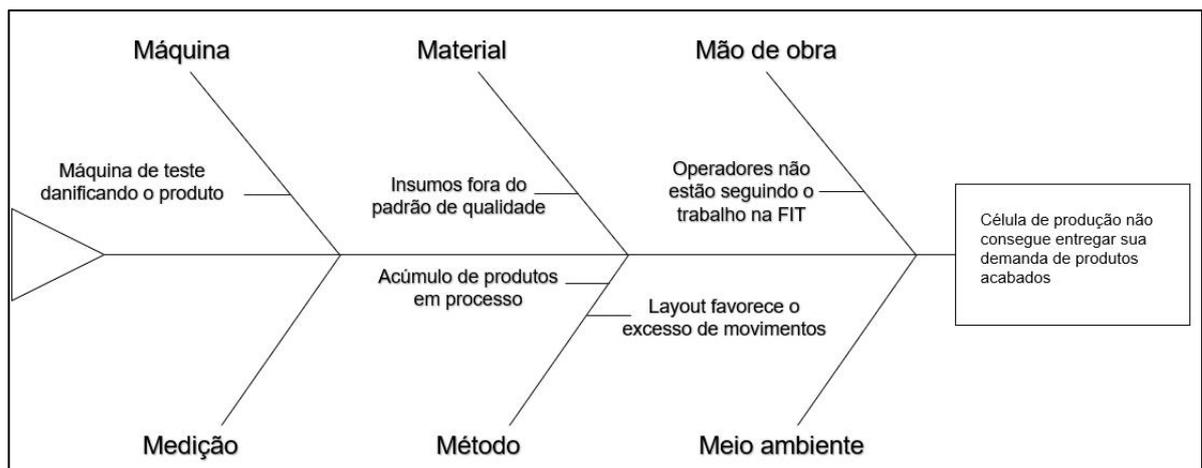


Fonte: autor (2022)

4.3 ANÁLISE DO PROCESSO

O próximo passo é a análise do processo e das desconexões (X's) que podem influenciar a não entrega da produção demandada, com o auxílio do Diagrama de Ishikawa, foi possível mapear os principais pontos que podem ser a causa raiz do problema.

Figura 11: Diagrama de Ishikawa do processo atual



Fonte: autor (2022)

A partir dessa análise, foi possível priorizar principais desconexões (X's) a serem resolvidas, são elas:

Tabela 7 – Principais desconexões encontradas.

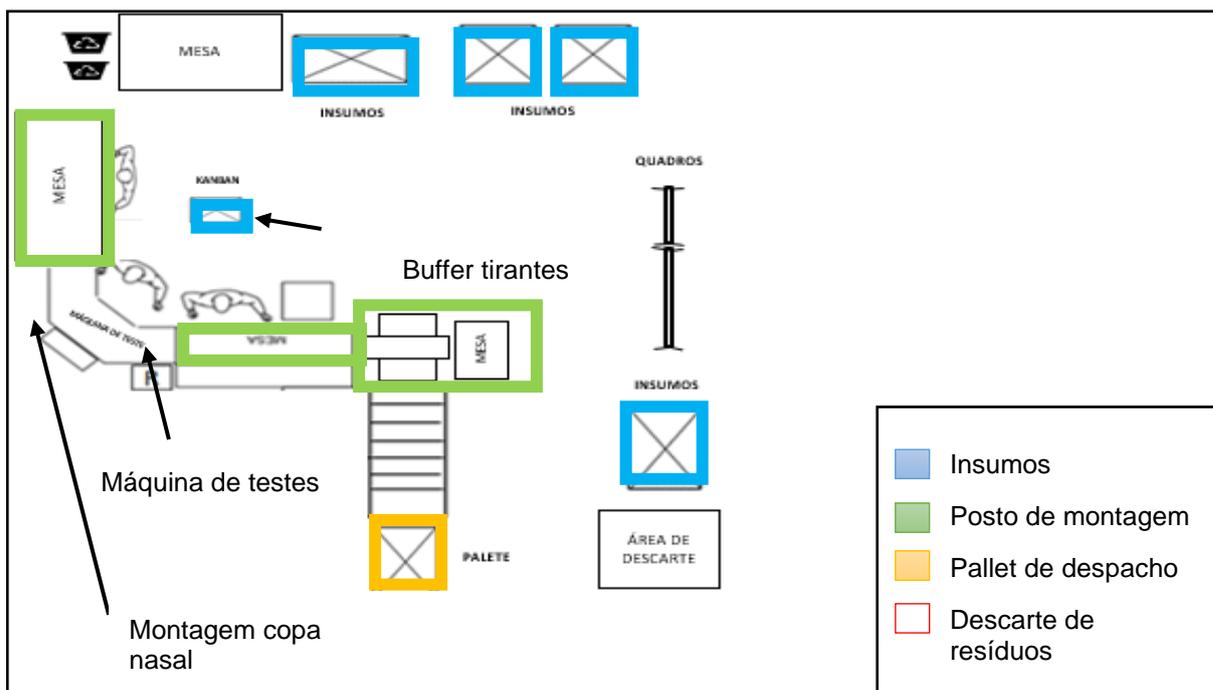
Problema (X's)	Ações
Postos de trabalho distantes.	Redefinir o layout buscando aproximar os postos de trabalho deixando um fluxo contínuo de produção.
Excesso de movimentação de insumos no centro de trabalho.	
Acúmulo de peças em processo.	Redistribuir atividades entre operadores após a modificação do layout.
Máquina de teste causando danos ao produto.	Acionar manutenção para analisar a máquina e deixa-la operando em condições ideais.

Fonte: autor (2022).

4.4 MELHORIA DA CÉLULA DE PRODUÇÃO

Conforme relatado na tabela 7, foram tomadas três ações para garantir uma linha produção mais enxuta. A primeira proposta é modificar o layout com o foco em aproximar os postos de trabalho, como mostrado na figura 12, foi confeccionada uma mesa para que a montagem de copa nasal seja feita ao lado da máquina de testes, eliminando o buffer kanban deste item.

Figura 12: Novo layout da célula de produção



Fonte: autor (2022).

Com a nova disposição da célula de produção, foi feito o teste de operação com 3 operadores tendo foco em manter um ritmo contínuo. A redistribuição das operações pode ser vista na tabela 8.

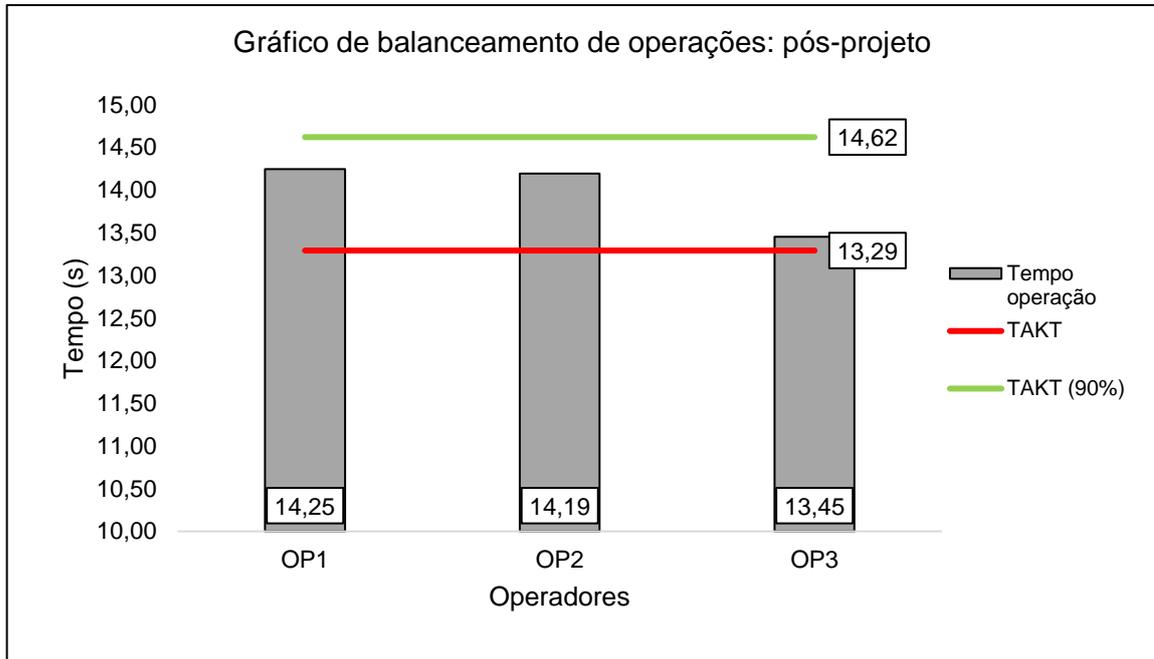
Tabela 8: Tempo de ciclo de cada atividade da operação pós balanceamento

Etapa	Atividade	Operador	Tempo por peça (s)
Rota padrão	Tirar etiqueta	OP1	0,50
Rota padrão	Retirar o tirante da caixa	OP2	0,54
Preparação	Colocar tirante no suporte	OP2	0,48
Preparação	Colocar copa na mesa, desfazer caixa e jogar na caixa de resíduos	OP3	2,48
Preparação	Preparar copa nasal	OP3	8,2
Montagem	Colocar máscara na máquina, colocar válvula de exalação, iniciar teste e colocar o tirante	OP2	8,0
Montagem	Revisar máscara	OP2	5,0
Montagem	Colocar etiqueta no saco e colocar 2 bulas dentro + máscara	OP1	9,0
Empacotamento	Etiquetar caixa e montar	OP1	2,67
Empacotamento	Colocar material dentro da caixa	OP3	1,67
Empacotamento	Colocar caixa no palete	OP3	1,12
Empacotamento	Passar filme no pallet	OP2	0,18
Empacotamento	Levar palete pronto para área	OP1	0,24
Rota padrão	Fechar relatório	OP1	1,84
Tempo de ciclo por produto acabado			41,89

Fonte: autor (2022).

No gráfico representado pela figura 13, é possível entender como ficou a distribuição de tempo para cada operador, com uma demanda de 30.000 peças/mês:

Figura 13: Gráfico de balanceamento de operações com 3 operadores em 1 turno



Fonte: autor (2022)

Com base na Equação VI, foi possível achar o tempo disponível e o takt time do novo balanceamento:

$$\text{Tempo de trabalho} = 1 \text{ turno} * 24 \text{ dias} * 7 \text{ horas} * 3600 \text{ segundos} = 604800 \text{ seg}$$

$$\text{Rota padrão} = 1 \text{ turno} * 24 \text{ dias} * 30 \text{ minutos} * 60 \text{ segundos} = 43200 \text{ seg}$$

$$\text{Tempo disponível} = (604800 - 43200) * 0,71 = 398736 \text{ seg}$$

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Demanda mensal}}{\text{Tempo disponível/mês}} = \frac{30.000}{398736} = 13,29 \text{ seg/peça}$$

Concluindo as ações, foi aberta uma ordem de serviço para realização de manutenções na máquina de teste, para garantir que a pressão de ar esteja adequada e não tenha rebarba nos pequenos pistões mecânicos responsáveis por fazer o encaixe o tirante na copa nasal, afim de evitar danos ao produto em processo, reduzindo retrabalho e garantindo estabilidade durante o turno de produção.

4.5 GARANTIR O CONTROLE DAS IMPLEMENTAÇÕES

Como cita Chiavenato (2011), o sucesso de um projeto está diretamente relacionado ao conhecimento e habilidades dos colaboradores envolvidos. É fundamental que os colaboradores sejam treinados adequadamente para entenderem o processo e as mudanças implementadas pelo projeto, bem como para lidar com eventuais problemas que possam surgir.

Após a implementação das ações listadas anteriormente, é necessário manter o padrão de trabalho e controle sobre as métricas da área. Para tal, todos os trabalhadores da área foram treinados e testados com a nova ficha de instrução de trabalho, para 3 operadores. Os indicadores de performance e o andamento do plano de produção continuarão sendo acompanhados diariamente para verificar a estabilidade do processo.

Outro meio de verificar se as mudanças estão sendo mantidas é através de auditorias semanais, analisando todo o processo produtivo, os tempos em cada operação e a forma que está sendo executada a atividade.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Após os devidos treinamentos ao final da implementação das mudanças, houve um processo de adaptação durante 3 semanas, e essas foram as conclusões mais relevantes da observação:

1. Os operadores não possuem a disciplina de seguir a Ficha de Instrução de trabalho, mantendo vícios na produção como fazer montagens em grandes quantidades ao invés de seguir o modelo just in time;
2. Insumos com qualidade fora do especificado podem impactar diretamente a entrega da demanda;
3. É viável atingir a demanda de 30 mil peças/mês com 3 operadores em 1 turno, conforme explicado na seção 4.4;
4. A aproximação das bancadas de trabalho eliminou a movimentação de buffers kanban dentro da célula, mantendo apenas uma pequena área fixa para garantir o fluxo produtivo.
5. Com os devidos treinamentos e disciplina é possível ter um fluxo de produção contínuo foi atingido, utilizando toda a disponibilidade da máquina de testes.

A partir dos novos tempos operacionais, (figura 12), foi estipulada uma nova meta/h por operador, de 84 peças/h, totalizando 252 peças/h na célula de produção, conforme os seguintes valores:

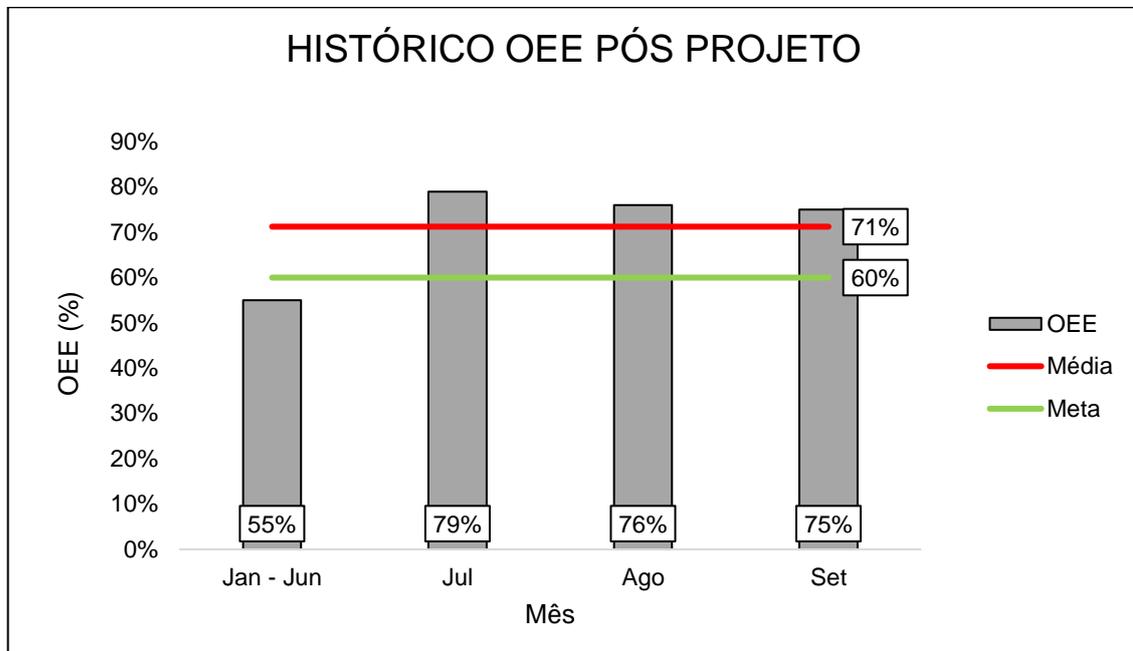
$$\begin{aligned} \text{meta} &= \frac{\text{Disponibilidade por hora (s)}}{\text{Tempo do operador com maior ciclo(s)} * \text{número de operadores}} = \frac{3600}{14,25 * 3} \\ &= 84 \text{ peças/h} \end{aligned}$$

A quantidade de produtos acabados entregues diariamente pela célula de produção passou a ser de 1764 itens, sendo bem próximo da condição anterior que era de 1800. O grande ganho do projeto foi a diminuição de um operador deste centro de trabalho, podendo ser realocado para outras atividades que necessite de mão-de-obra.

Com o passar dos meses, foi visto uma evolução nos valores relacionados a performance da máquina, houve um aumento do OEE (figura 14), em média a

disponibilidade da máquina subiu para 85%, sendo afetada apenas por manutenções corretivas ou variação de temperatura, paralisando o processo.

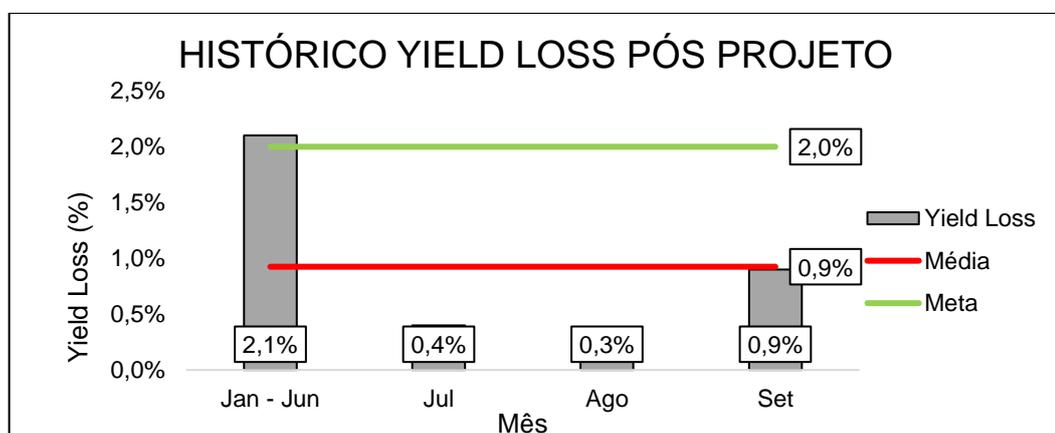
Figura 14: Gráfico representando OEE de Jan-Set 2022



Fonte: autor (2022)

Em relação ao Yield Loss (figura 15), foi revisto o padrão de qualidade de produto acabado, diminuindo o critério de aprovação com base no baixo histórico de reclamações vindas dos clientes e assim aprovando produtos que previamente seriam descartados. Com isso houve uma redução efetiva de aproximadamente 1% com os custos relacionados aos insumos.

Figura 15: Gráfico representando Yield Loss de Jan-Set 2022



Fonte: autor (2022)

Por fim, foi possível entender que a célula de produção estava mal organizada, com algumas atividades que estavam tomando tempo em excesso dos operadores, o método de produção empurrado não era o ideal para o caso analisado e os operadores precisavam ter a disciplina de seguir o que está sendo proposto na Ficha de instrução de trabalho. Vale ressaltar que todo o aprendizado adquirido ao longo da pesquisa será avaliado e, se necessário, replicado pra outras células de produção que possuem os mesmos problemas na rotina da produção.

6 REFERÊNCIAS

ARTHUR, Jay. **Lean Six Sigma Demystified, Second Edition**. 2 ed. Mcgraw-hill, f. 248, 2010. 496 p.

BABBIE, E. **Métodos de pesquisas de survey**, f. 260. 1999. 519 p.

BESEKAS, L. C. **Simulação como ferramenta para aplicação do MFV**, f. 107. 2012 Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2012.

BONAMIGO, A; CAVALCANTE, F; VIEIRA, T. Mapeamento do fluxo de valor de um grupo de estudos e pesquisas científicas. *In: ENCONTRO NACIONAL DE*

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 2004.

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, n. 42. 2022, Foz do Iguaçu: Abepro, 2022.

FELLIPE, A. D., CUSTODIO, M. R., DOLZAN N., TEIXEIRA, E. S. M. Análise descritiva do estudo de tempos e métodos: uma aplicação no setor de embaladeira de uma indústria têxtil, IX SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2012

CHIAVENATO, I. **Introdução a Teoria Geral Da Administração**. 8 ed. Elsevier Brasil, f. 320, 2011. 640 p.

CORRÊA, H. L; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e OTP - Um enfoque estratégico**. 2 ed. Atlas, 1996. 129 p.

COUTINHO, T. **Diagrama de Espaguete**: conheça a ferramenta que é essencial no Lean Manufacturing. Voitto. 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 3 abr. 2023

DA SILVA, A. A. *et al.* O USO DA CRONOANÁLISE PARA A CLASSIFICAÇÃO E MEDIÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UMA MULTINACIONAL DO SETOR ELETRÔNICO. *In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, n. 20. 2016. Anais eletrônicos [...] São José dos Campos, 2016.

DONTHU, N; GUSTAFSSON, A. Effects of COVID-19 on business and research. **J Bus Res**, v. 117, p. 284-289, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016%2Fj.jbusres.2020.06.008>. Acesso em: 19 dez. 2022.

GARZA-REYES, J. A. *et al.* Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: A relationship analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 1, p. 48-62, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. Atlas, f. 96, 2017. 192 p.

GOMES, L.C; CORRÊA, R.G.F. Utilização do Overall Equipment Effectiveness (OEE) em células de manufatura considerando o takt time. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 13, n. 4, p. 276-294, 2018. Disponível em: 10.15675/gepros.v13i3.1960. Acesso em: 12 jan. 2023.

GUNDUZ, M; NASER, A. F. Cost Based Value Stream Mapping as a Sustainable Construction Tool for Underground Pipeline Construction Projects. **Sustainability**, v. 9, n. 12. 2184 p, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su9122184>. Acesso em: 20 dez. 2022.

IBGE. **PIB A PREÇOS CORRENTES**. IBGE. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>. Acesso em: 9 fev. 2023.

IEDI. **A crise continua**. Instituto de estudos para o desenvolvimento industrial. São Paulo, 2020. Disponível em: https://iedi.org.br/artigos/top/analise/analise_iedi_20200702_industria.html. Acesso em: 11 jan. 2023.

LISTA, A.P *et al.* Lean layout design: a case study applied to the textile industry. **Production**, São Paulo, v. 31, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210090>. Acesso em: 13 dez. 2022.

LOUZADA, P. **A origem e como calcular o takt time do Lean?**. FM2S. 2017. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/como-calcular-o-takt-time#:~:text=Qual%20%C3%A9%20a%20import%C3%A2ncia%20do,takt%20e%20tempo%20de%20ciclo>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MATTHEWS, R.A; BARNES-FARREL, J.L; BULGER, C.A. Advancing measurement of work and family domain boundary characteristics. **Journal of Vocational Behavior**, v. 77, n. 3, p. 447-460, 2010. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.jvb.2010.05.008>. Acesso em: 26 jan. 2023.

MEDEIROS, H. da S; SANTANA, A. F. B; GUIMARÃES, L. da S. O uso dos métodos de custeio nas indústrias de manufatura enxuta: uma análise da literatura. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 2, p. 395-406, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X2183-16>. Acesso em: 13 dez. 2022.

MORATO, M. L de S; FERREIRA, K. A. Aplicação do Value Stream Mapping na construção civil: uma revisão sistemática da literatura. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, n. 42. 2022, Foz do Iguaçu: Abepro, 2022.

PACHECO, D. A de J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002>. Acesso em: 13 dez. 2022.

ROTHER, M; SHOOK, J. **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value**. 1 ed, f. 51. 1999. 102 p.

SANTOS, P. V. S. APLICAÇÃO DO INDICADOR OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE): UM ESTUDO DE CASO NUMA RETÍFICA E OFICINA MECÂNICA. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 1–18, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v4n3_1. Acesso em: 10 jan. 2023.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**. Bookman Editora, f. 146, 2017. 291 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8 ed. Atlas, 2018. 856 p.

THOMAS, P; KELLER , P. **The Six Sigma Handbook**. 5 ed. McGraw-Hill Companies, 2018. 720 p.

TRIMARJOKO, A; PURBA, H; NINDIANI, A. CONSISTENCY OF DMAIC PHASES IMPLEMENTATION ON SIX SIGMA METHOD IN MANUFACTURING AND SERVICE INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW. **Management and Production Engineering Review (MPER)**, Poznan, v. 11, n. 4, p. 34-45, 2020. Disponível em: [10.24425/mper.2020.136118](https://doi.org/10.24425/mper.2020.136118). Acesso em: 11 jan. 2023.

WERNKE, R; JUNGES, I. INFLUÊNCIA DA OCIOSIDADE FABRIL NO CUSTO UNITÁRIO DO PRODUTO: COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS TDABC E ABSORÇÃO. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 362-378, 2017.

WOMACK, J. P; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 6 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, f. 216, 2004. 432 p.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5 ed. Bookman Editora, f. 160, 2015. 320 p.

ZHUKOVA, N. **Diagrama Ishikawa: o que é, para que serve e como usar o diagrama espinha de peixe**. Semrush Blog. 2022. Disponível em: <https://pt.semrush.com/blog/diagrama-ishikawa/>. Acesso em: 11 jan. 2023.