



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BALANCEAMENTO DE LINHA E ARRANJO FÍSICO:
estudo de caso em uma linha de produção de ventiladores

Lucas Barkokebas Azevedo de Melo

RECIFE, ABRIL / 2023

LUCAS BARKOKEBAS AZEVEDO DE MELO

**BALANCEAMENTO DE LINHA E ARRANJO FÍSICO:
estudo de caso em uma linha de produção de ventiladores**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de ventiladores.

Orientador (a): Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Barkokebas Azevedo de Melo, Lucas.

BALANCEAMENTO DE LINHA E ARRANJO FÍSICO: estudo de caso
em uma linha de produção de ventiladores / Lucas Barkokebas Azevedo
deMelo. - Recife, 2023.

37 : il.

Orientador(a): Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva

(Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia
e Geociências, , 2023.

1. Balanceamento de Operações. 2. Eficiência Produtiva. 3. Ergonomia. 4.
Rearranjo físico. 5. Layout. I. Lucas Carneiro de Lima da Silva, Anderson.
(Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

LUCAS BARKOKEBAS AZEVEDO DE MELO

BALANCEAMENTO DE LINHA E ARRANJO FÍSICO: estudo de caso em uma linha de produção de ventiladores

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de ventiladores.

Aprovado em: 27/04/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Anderson Lucas Carneiro de Lima da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Lucia Reis Peixoto Roselli
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Eduarda Asfora Frej
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Caros colegas, professores e amigos,

Gostaria de expressar minha sincera gratidão por todo o apoio e orientação que recebi durante a minha jornada de trabalho de conclusão de curso. Sem a ajuda de todos vocês, não teria sido possível alcançar esse marco importante em minha vida acadêmica.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus professores, que dedicaram seu tempo e conhecimento para me guiar e aconselhar durante todo o processo de pesquisa. Suas críticas construtivas, conselhos e encorajamento foram inestimáveis para o meu sucesso.

Agradeço também aos meus colegas de classe, que compartilharam suas próprias experiências e conhecimentos comigo. Trabalhando juntos, conseguimos superar muitos obstáculos e aprender uns com os outros, o que enriqueceu muito o meu trabalho.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus amigos e familiares, que sempre me apoiaram e encorajaram, mesmo quando as coisas pareciam difíceis. O apoio emocional e a crença em mim me ajudaram a superar muitos momentos desafiadores, e sou muito grato por isso.

Por fim, gostaria de agradecer a mim mesmo. Essa jornada não foi fácil, mas nunca desisti e continuei trabalhando duro para alcançar meus objetivos. Eu sabia que podia fazê-lo, e estou muito orgulhoso de mim mesmo por ter chegado tão longe.

Obrigado a todos pelo seu apoio e ajuda durante esta jornada. Sem vocês, isso não seria possível.

RESUMO

O presente trabalho buscou realizar uma análise minuciosa das melhorias desenvolvidas em uma indústria de pequenos eletrodomésticos (liquidificadores e ventiladores), visando aumentar significativamente a produtividade da linha de montagem. Para isso, foram realizadas mudanças estratégicas de layout e análises detalhadas de balanceamento da produção. Além disso, uma avaliação ergonômica foi realizada nos postos de trabalho da linha em estudo, com o intuito de melhorar as condições de trabalho e evitar possíveis doenças relacionadas à ergonomia. Com essas medidas, busca-se promover a qualidade de vida dos trabalhadores e, conseqüentemente, aumentar a eficiência da produção. Outra importante iniciativa adotada durante o desenvolvimento deste trabalho foi a implementação de alterações que permitiram a redução das perdas de produção, contribuindo para a entrega de produtos de maior qualidade e com preços mais acessíveis ao consumidor final. Dessa forma, a pesquisa tem como objetivo principal contribuir para a busca constante pela melhoria contínua na produção industrial, trazendo insights para as empresas que buscam se destacar no mercado e aumentar sua competitividade.

Palavras-chave: Balanceamento de Operações. Eficiência Produtiva. Ergonomia. Rearranjo físico. Layout.

ABSTRACT

The present work aimed to carry out a thorough analysis of the improvements developed in a small home appliance industry (blenders and fans), with the objective of significantly increasing the productivity of the assembly line. To achieve this, strategic layout changes and detailed production balancing analyses were carried out. Additionally, an ergonomic evaluation was conducted on the workstations of the studied assembly line, aiming to improve working conditions and prevent possible ergonomics-related illnesses. These measures seek to promote the quality of life of workers and consequently increase production efficiency. Another important initiative adopted during the development of this work was the implementation of changes that allowed for the reduction of production losses, contributing to the delivery of higher quality products at more accessible prices to the end consumer. In this way, the research aims to contribute to the constant pursuit of continuous improvement in industrial production, providing insights for companies seeking to stand out in the market and increase their competitiveness.

Key-words: Operation Balancing. Productive Efficiency. Ergonomics. Physical Rearrangement. Layout.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Justificativa e Relevância.....	9
1.2. Objetivo.....	10
1.3. Classificação	10
1.4. Descrição do problema.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. Fundamentação Teórica	14
2.1.1 <i>Produção Enxuta</i>	14
2.1.2 <i>Perdas de Produção</i>	15
2.1.3 <i>Ergonomia</i>	16
2.1.4 <i>Tempos e Movimentos</i>	17
2.2. Revisão da Literatura	18
2.3. Potencial de Inovação	20
3. METODOLOGIA	21
3.1 Contexto do problema.....	21
3.2. Coleta de Dados	21
3.3. Análise de dados	23
4. RESULTADOS OBTIDOS	25
4.1. Balanceamento	25
4.1.1 <i>Fase 1</i>	27
4.1.2 <i>Fase 2</i>	28
4.2. Ergonomia.....	29
4.3. Considerações finais e contribuições para engenharia de produção	31
5. CONCLUSÕES	33
5.1. Limitações e trabalhos futuros	34
6. REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

No mercado competitivo onde as grandes indústrias, nacionais e internacionais, se encontram é de fundamental importância a busca por redução de despesas e melhoria da performance com o intuito de aumentar seus lucros e conseguir quitar os débitos gerados para o seu funcionamento. Fatores internos e externos podem se somar a esse desafio, aumentando a complexidade do problema enfrentado.

No Brasil, a crise econômica enfrentada nos últimos anos reduz o poder de compra da população que acaba indo em busca de produtos com um custo reduzido ainda que seja de uma menor qualidade. O levantamento realizado pela Matos (2022), mostra que o poder de compra da população brasileira caiu mais de 30% nos últimos 5 anos, o que é sentido pela alta da inflação.

Junto com a crise, o país ainda enfrenta problemas externos que agravam a situação, como a guerra na Ucrânia, que gera aumento no preço de insumos e matérias primas em diversos setores. Além disto, a guerra gera instabilidade no mundo o que também agrava a situação, causando problemas como, por exemplo, problemas logísticos e aumento no preço dos combustíveis que acaba gerando o acréscimo no custo do produto e redução dos lucros da empresa.

Deste modo, algumas empresas buscam diversas alternativas para se manterem vivas no mercado, dentre as alternativas, existem os programas kaizen e workshops que são incentivados por diversas empresas. Empresas do setor automobilístico, em especial, montadoras de veículos como a Toyota e a Fiat Chrysler Automobiles (FCA) são conhecidas por serem referências no quesito, para a obtenção de ideias e melhorias na produção, com a oportunidade de incremento de performance da linha.

Sendo assim, dentro da empresa a ser estudada, multinacional de grande porte no ramo de eletrodomésticos, esses tipos de alternativas são bastante empregados e incentivados pelos gestores para a utilização cada vez maior dos colaboradores e líderes de linha, em busca de melhorias contínuas. No estudo de caso a ser apresentado, foi analisada a possibilidade de melhorias através de mudanças simples de layout e balanceamento para o crescimento de produtividade da linha de montagem.

1.1. Justificativa e Relevância

Dentro do ambiente competitivo em que a empresa está inserida, e de sua constante busca por melhorias e eficientes soluções para os desperdícios encontrados, soluções simples podem tornar a linha mais produtiva. Devido aos estudos e avanços já alcançados pela engenharia de produção, o tema em questão pode ser facilmente resolvido através da utilização de diversas teorias, ferramentas e trabalhos desenvolvidos para a transformação da linha. Entre as bibliografias clássicas que aborda este assunto, destacam-se as obras de Shingo (1996) e Ohno (1997), que tratam não apenas dos

fundamentos da engenharia de produção, mas também da importância da melhoria contínua na busca por resultados cada vez mais eficientes.

Conforme o crescimento da variedade de produtos disponíveis no mercado, as empresas buscam captar cada vez mais clientes, os quais procuram, devido ao contexto econômico, realizar o *trade-off* entre custo e a qualidade das opções disponíveis. Deste modo, surge a necessidade de minimizar os custos operacionais do produto, como custo de setup na linha de produção, que pode ser feito através de ajustes que deixem as linhas de montagem cada vez mais preparadas para a produção de mix de produtos diferentes de acordo com a necessidade encontrada pelo cliente.

Conforme apontado por Tiwari e Sharma (2022), a filosofia enxuta ou filosofia Lean, é bastante utilizada em indústrias por gerar vantagem competitiva através da eliminação de desperdícios e atividades não agregadoras de valor para o cliente.

O presente trabalho busca realizar a avaliação de uma linha de produção de uma multinacional e aplicar de ferramentas básicas de melhoria contínua na produtividade da linha, com o intuito de aumentar a produtividade da linha, mostrando os benefícios que se procura alcançar frente ao mercado competitivo em que está situada.

1.2. Objetivo

O objetivo geral desse trabalho é aplicar a filosofia da melhoria contínua na linha de montagem de uma empresa multinacional, através de um estudo de caso, em termos de balanceamento de linha e estudo de ergonomia, avaliando os ganhos em performance após as ações realizadas.

A partir do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são definidos:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os temas de interesse do estudo;
- Analisar possíveis pontos de melhorias existentes na linha de montagem da empresa estudada;
- Aplicar um balanceamento de linha e melhorias ergonômicas no processo produtivo;
- Realizar uma avaliação do desempenho após as melhorias implementadas na linha;
- Avaliar as mudanças e seus resultados obtidos.

1.3. Classificação

Seguindo a classificação de Cauchick (2011), a referida pesquisa trata-se de um estudo de caso aplicado, ou seja, uma avaliação de estudos com a finalidade prática para uso em uma organização, a um projeto da linha de montagem de uma empresa de grande porte no ramo de eletrodomésticos. A intenção da pesquisa é buscar entender a realidade em que está inserida a experiência e a partir disto

buscar melhorias para a linha. Portanto, a metodologia que será utilizada é a fenomenológica buscando descrever, na realidade, as relações entre os elementos do estudo.

O tipo de pesquisa de acordo com a natureza se classifica como combinada explanatória, definida como uma estratégia de uso quantitativa, uma estratégia capaz de ser mensurável, causal, generalista e replicável, e após o seu uso segue a abordagem qualitativa. Deseja-se deste modo, buscar através de dados já existentes, como os tempos de roteiro, realizar o balanceamento e avaliar a adequação dos postos de trabalho junto com a readequação do layout, avaliando o tempo reduzido de transporte, estocagem e análise do esforço gerado pelo colaborador, com a utilização de um procedimento criado pela empresa, o eval ergo.

Após esse tipo de abordagem, é necessária uma abordagem qualitativa para a avaliação do layout, usando-se da perspectiva do indivíduo, levando em consideração constatações feitas pelos operadores que irão desempenhar a função

A técnica de pesquisa a ser utilizada para a disponibilidade dos dados será a de documentação indireta, na qual se buscará dados em documentos particulares, de uso da empresa, sobre os quais são reportados tempos e atividades necessários para o estudo. Também será lançado uso da documentação direta com os levantamentos de dados através de pesquisas de campo.

O estudo de caso único holístico, trata-se de um estudo descritivo, avaliando melhorias implementadas na linha de montagem da multinacional com o intuito de avaliar questões ergonômicas, balanceamento da linha e alterações de layout que possam trazer resultados competitivamente positivos para a empresa através de sua performance. Deste modo, será analisado o estudo dentro de uma linha de montagem de ventilados em uma grande multinacional do ramo de eletrodomésticos, trazendo as avaliações de resultados obtidos com as alterações realizadas. Assim a avaliação será realizada de maneira quantitativa, avaliando dados existentes da empresa a respeito do *Takt-Time*, sequenciamento de atividades, área disposta para montagem da linha e balanço ergonômico dos operadores, documentos disponíveis internamente.

A validação desse estudo se dará através dos dados, *Takt-Time*, tempos de roteiros, e avaliações ergonômicas, analisados e disponíveis na empresa, compartilhados por uma plataforma de aplicações Web organizacional. Já com relação à validação interna e externa, não existirá, devido a se tratar de um modelo descritivo único, ou seja, não buscará explicar alguma relação de causa e efeito, nem será generalista.

Já a confiabilidade com os dados de balanceamento e roteiros adquiridos com área de processos da empresa, elaboração, com o uso da ferramenta interna eval ergo, do esforço sofrido pelos operadores, dados fornecidos após a avaliação dos gestores e supervisores responsáveis pela linha, junto com gestores da área de qualidade e logística que são áreas afetadas pelas alterações a serem

realizadas. Além do relatório de workshop desenvolvido pela equipe atribuída a essas melhorias onde se disponibiliza através de um documento interno as melhorias dispostas na linha, bem como treinamentos necessários, procedimentos operacionais padrão e lições ponto a ponto, e do protocolo do estudo de caso, conforme apresentado abaixo:

Protocolo de pesquisa:

- 1) Área de contexto: Industria de eletrodomésticos unidade de Jaboatão dos Guararapes - PE
- 2) Unidade de análise: Linha de montagem de ventiladores
- 3) Questões: Existem melhorias possíveis na linha de montagem? Como afetaria a produtividade da linha? Existe possibilidade de melhorias ergonômicas? Como afetaria a percepção e satisfação dos operadores?
- 4) Procedimentos: Realização da avaliação de Balanceamento de linha já existente com análise de possíveis pontos de melhoria e realização de análise do Balanceamento da linha a partir de melhorias realizadas. Análise ergonômica através da ferramenta interna, eval ergo, realizando a avaliação do antes e depois das melhorias implementadas
- 5) Fontes de informações: Tempo de roteiro, *Takt-Time*, avaliações ergonômicas, balanceamentos.

1.4. Descrição do problema

Dado esse apoio, em uma das linhas responsável pela montagem de ventiladores de 40cm, dos modelos 2x1, ou seja, modelos de mesa/coluna, e o modelo apenas de coluna, foram detectadas possibilidades de alteração e adequações necessárias para o aumento da produtividade e expansão da linha, além de melhorias ergonômicas.

Na linha foi detectado que o maior fator de impacto era a disposição de apenas um quadro de teste para testar todos os produtos montados antes de serem embalados. Deste modo, um único quadro era o responsável pelo teste em todos os produtos montados pelas duas bancadas de montagem, o que acabava gerando uma retenção indesejada de produtos na esteira a espera desta atividade, perda por espera.

Conforme estudado por Ohno (1997), perda por espera trata-se justamente desta retenção indesejada na linha de produção, dentro das indústrias, onde o bem a ser produzido espera, devido a uma falha no balanceamento da linha, que a etapa posterior finalize suas atividades para então dar o prosseguimento a produção.

Além desse ponto era possível a observação de movimentação cruzada nos postos de trabalho de montagem de base de mesa (pés) e kit finalizador. A disposição do posto de trabalho de montagem da base de mesa era depois do posto de trabalho do kit finalizador, ainda que o seu resultado devesse ser entregue ao operador do kit finalizador que colocava o produto com a base na caixa. Esse tipo de

movimentação, dentro da indústria, é indesejado pois gera a possibilidade de colisão entre os operadores.

Outro ponto de melhoria destacado foi do deslocamento excessivo do operador responsável pela preparação da pizza, nome dado a base do pedestal do ventilador, que seu posicionamento era distante do restante da linha necessitando produzir e estocar em armazéns para esses serem abastecidos na linha de produção, assim quebrando a sinergia dele com o restante da equipe e gerando perdas por transporte e estoque de material inacabado.

Apresentados esses problemas observados, será efetuada uma análise das alterações já realizadas na linha de produção e destacando possíveis melhorias a serem implementadas para um alcance maior dos objetivos traçados pela empresa, propondo buscar um aumento da eficiência e produtividade de operação, e redução dos esforços ergonômico, com o intuito de atingir a diminuição dos custos e por consequência aumentar os lucros da fábrica.



Figura 1 – Imagem da linha antes.

Fonte: Empresa X (2022)

2. REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é discutido o Sistema de Produção da Toyota (TPS) e os princípios da produção enxuta, que visam reduzir o desperdício e aumentar a produtividade. Também é descrito os sete tipos de desperdício que podem ocorrer no processo de produção, incluindo superprodução, espera, excesso de inventário e processamento desnecessário.

2.1. Fundamentação Teórica

Processos de melhoria são vistos frequentemente dentro de empresas na tentativa de alcançar o aumento de produtividade e uma produção mais enxuta. É nesse contexto que surge a visão do sistema Toyota de produção com seu sistema de eliminação total de perdas.

Para Shingo (1996), a Toyota utiliza o princípio do não custo, onde o lucro adquirido é resultado da subtração entre o preço de venda, que é definido pelo mercado consumidor, e o custo de produção. Desta forma com o objetivo de maximizar seus lucros e ainda assim se manter dentro do mercado competitivo são necessárias às empresas a redução de seus custos, sendo de fundamental importância a eliminação das perdas.

É importante ainda a análise sugerida por Ohno (1997), onde destaca que a eliminação de atividades sem agregação de valor gera relevância aos operadores das funções, por eles, realizadas, sendo assim é função dos gestores realizar o gerenciamento de operadores, evitando a prática de contratação temporária.

2.1.1 Produção Enxuta

Baseado na filosofia apresentada pela empresa o primeiro ponto a ser estudado trata-se da produção enxuta, termo referente a redução de desperdícios na linha de produção. Desta forma, analisando as atividades realizadas, são avaliadas e separadas entre atividades geradoras de valor ao cliente e atividades sem valor agregado ao cliente final. O objetivo é a maior redução possível das atividades não geradoras de valor, assim gerando reorganizações no processo produtivo para a otimização das atividades a serem elaboradas.

Segundo Ortiz (2009) as ferramentas mais utilizadas na produção enxuta são o Kaizen, o 5S e o trabalho padronizado ou balanceamento. O primeiro refere-se a melhoria contínua, ou seja, realizar atividades simples através do estudo e melhoramento para reduzir as perdas, neste ponto todos os funcionários devem estar envolvidos para o sucesso da ferramenta. A segunda ferramenta citada é o 5S, uma metodologia cujo objetivo é a ordenação do local de trabalho buscando o crescimento da produtividade, qualidade e segurança oferecidos ao funcionário. O funcionamento do 5S busca classificar os itens conforme sua utilização, removendo os desnecessários da área de trabalho, após é realizada a organização da área colocando os materiais em local de fácil acesso e identificação. O

terceiro S é o da limpeza pois a linha deve estar limpa, com utilização de materiais corretos e definição de periodicidade de limpeza. Os dois últimos sentidos são o de padronização e disciplina, uma serve para estabelecer os padrões visuais a serem seguidos, o outro para a sua manutenção. Por fim temos a terceira ferramenta, trabalho padronizado, responsável por dois fatores importantes na produção. O primeiro fator refere-se à sequência que deve ser seguida pela operação, através de procedimentos operacionais padrões, onde mostra o passo a passo que deve ser seguido. Já o segundo fator refere-se ao fluxo de produção, realizado pelo balanceamento da linha, de acordo com o *Takt-Time* calculado para a produção, sendo claramente fatores que afetam o ritmo da produção (Ortiz,2009).

Segundo Womack e Jones (1998), na ideia da produção enxuta a visão acima da identificação e eliminação de perdas no processo produtivo exerce um papel de extrema importância buscando atingir atividades que não gera valor agregado ao produto fabricado. Dentre as principais perdas possíveis de salientar estão as perdas por estoque excessivo, superprodução, espera, processos desnecessários, transporte, defeitos e movimentação.

2.1.2 Perdas de Produção

Conforme mencionado anteriormente o objetivo da produção enxuta é a redução e até a eliminação dos desperdícios/ perdas na linha de produção, visto que são gastos que não geram um novo bem, nem agregam valor para a receita, podendo ser eliminados sem o prejuízo da qualidade dos bens gerados. Segundo Ohno (1997) existem sete tipos de desperdícios encontrados cotidianamente na produção, esses desperdícios devem ser evitados para que a produção aumente sua produtividade e reduza as atividades de valor não agregado seguindo o sistema Toyota de produção. Os sete desperdícios são superprodução, espera, movimentação, defeito, estoque, transporte e processamento (Ohno,1997):

- Superprodução: Ocorre com a produção acima do necessário para atender aos clientes, gerando estoque e assim aumentando os gastos.

- Espera: Desperdício apresentado pela falta de balanceamento da produção, assim o recurso, produto ou pessoa, fica aguardando algum procedimento ou a liberação da etapa seguinte para o seu prosseguimento na linha.

- Movimentação: É uma atividade sem geração de valor ao produto fabricado, movimentações desnecessárias.

- Defeito: Produtos que não atendem a especificação necessitando de retrabalho ou descarte, o que acarreta um acréscimo de custo pela produção de produto defeituoso e pelo retrabalho que terá que ser realizado.

- Estoque: Material ocupando espaço, ou seja, material gera custos por estarem parados, e ainda podem levar a esconder outros problemas, como a detecção de defeitos.

- Transporte: Desperdício da movimentação de materiais na linha de produção, pois a movimentação não gera valor ao cliente, sendo importante a alteração do layout para uma maior proximidade do material com o local de produção.

- Processamento: São os desperdícios realizados por atividades não necessária, procedimentos que não estão no roteiro de produção, o que acaba não seguindo o método de produção desenvolvido para o produto.

Uma das maneiras de eliminação de perdas é através do balanceamento das linhas, que para Kumar (2013), é o nivelamento do volume de trabalho com o intuito de manter o fluxo da linha constante, removendo gargalos e reduzindo a ociosidade da linha, por consequência as perdas são evitadas tornando a empresa mais competitiva no mercado.

2.1.3 Ergonomia

A ergonomia é o estudo científico da relação entre o ser humano e o seu ambiente de trabalho, com o objetivo de desenvolver métodos e técnicas para melhorar a eficiência, segurança, conforto e bem-estar no trabalho. O termo ergonomia deriva do grego "ergon" que significa trabalho, e "nomos" que significa leis ou regras.

A ergonomia é uma área interdisciplinar que envolve a aplicação de conhecimentos de anatomia, fisiologia, psicologia, engenharia, design industrial, arquitetura e outros campos relacionados para melhorar as condições de trabalho. É importante destacar que a ergonomia não se concentra apenas no aspecto físico do ambiente de trabalho, mas também na interação entre o trabalhador e o ambiente psicossocial.

A aplicação da ergonomia pode levar a diversos benefícios, como a redução de lesões por esforço repetitivo (LER), a diminuição da fadiga e do estresse, o aumento da produtividade e da satisfação do trabalhador, a melhoria da qualidade do produto ou serviço e a redução de custos para a empresa.

A aplicação dos princípios da ergonomia no ambiente de trabalho pode ser realizada por meio da análise ergonômica do trabalho (AET), que consiste na análise detalhada das atividades realizadas pelos trabalhadores em seu ambiente de trabalho, visando identificar e avaliar os fatores que possam interferir na eficiência, segurança e bem-estar dos trabalhadores. A partir dessa análise, podem ser propostas soluções ergonômicas específicas para cada situação, que levem em consideração as necessidades e limitações dos trabalhadores e as características do ambiente de trabalho.

Na corrida pela produtividade do mercado competitivo global, diversos problemas são gerados com as exigências do mercado tanto externo quanto interno. Assim o custo, a quantidade e a qualidade são alguns pontos classicamente exigidos. Contudo, no mercado atual, outros pontos também vêm sendo analisado como a preservação dos recursos naturais e a conservação do meio ambiente. A busca

constante pela maior produtividade pode acabar afetado os trabalhadores quando exigidos a realizarem suas atividades com melhores eficiências, flexibilidades, custos, prazos, sem que para isso seja dada a devida atenção e cuidado organizacional, incorrendo em condições prejudiciais aos operadores (PINTO, TERESO e ABRAHÃO, 2018).

De acordo com Silva e Bertoncetto (2010), no Brasil as pressões geradas pelos sindicatos e pela sociedade, apoiadas pelo crescente desenvolvimento da DORT, Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho, são os fatores que movem as práticas de condições adequadas ao trabalho, atividade de responsabilidade do empregador avaliar. Aliado a isso, a visão da ergonomia está sendo mudada dentro das empresas, seu objetivo de redução de movimentos e atividades musculares, diminuição de manuseio e repetições, uma melhor performance de ritmo dos operadores, está ficando mais claro na visão dos gerentes, que junto com a ideia de melhoria para o colaborador, analisa a redução de gastos com custos de assistência médica, indenizações trabalhistas e treinamentos de operadores devido ao alto índice de absenteísmo.

2.1.4 Tempos e Movimentos

Dentro de organizações a engenharia de produção possui papel importantíssimo com diversas subáreas de seu conhecimento, entre elas podemos destacar a engenharia de métodos com seus estudos de tempos e movimentos, que está associada a engenharia de produção desde o seu surgimento, muito decorrente das contribuições de grandes pensadores da época como Frederick W. Taylor, Frank Gilbreth e Lillian M. Gilbreth. Até os dias atuais esses pensamentos refletem dentro das empresas inúmeros benefícios na busca por melhores performances, desempenhos e produtividade dentro das organizações.

A Engenharia de Métodos é uma ciência que se dedica ao estudo dos sistemas de trabalho, desenvolvimento de métodos e procedimentos para a execução de tarefas, com ênfase no estudo de métodos e medidas de trabalho. Seu objetivo é desenvolver métodos habilidosos e eficientes para padronizar o processo produtivo, examinando e melhorando sistematicamente os métodos de trabalho humano, considerando todos os fatores que afetam suas condições e eficiência. Isso permite garantir o melhor uso dos recursos humanos e materiais alocados a uma determinada atividade (FERREIRA, Et al, 2018).

O estudo de tempos e movimentos é uma parte importante da engenharia de métodos, pois além de determinar a quantidade de trabalho realizada em determinados períodos de tempo e auxiliar na previsão de horas de trabalho e saídas de produção, ele também contribui para a eliminação de trabalhos desnecessários e gargalos de produção. Além disso, fornece métodos para a medição do trabalho e a determinação da melhor performance do operário.

2.2. Revisão da Literatura

Neste capítulo são discutidos estudos, trazendo brevemente as validações apresentadas por outros pesquisadores, que trazem ao presente trabalho percepções e esclarecimentos que já foram postos em prática.

Como levantado por Souza *et al.* (2019) em sua pesquisa de estudo de caso, com a coleta dos dados necessários, aquisição e interpretação, sendo realizado o mapa de fluxo de valor do estado atual e uma projeção futura do mesmo com as melhorias necessárias, na atual estruturação de concorrência do mercado a corrida por redução de gastos dispensáveis e melhorias produtivas, assim é imprescindível que as empresas busquem atuar mantendo o nível de qualidade dos produtos e satisfazendo os desejos dos clientes, para isso o investimento em ferramentas que avaliem o processo produtivo vem se tornando fator fundamental na disputa frente ao mercado.

Conforme Tiwari e Sharma (2022) nas fabricantes automotivas a filosofia enxuta é bastante utilizada para ganhos competitivos, desta forma buscando a eliminação de desperdícios e de atividades que não geram valor agregado ao cliente. Assim duas ferramentas são de extrema importância o mapeamento do fluxo de valor e o balanceamento da linha de produção, aumentando desta maneira a produtividade, mantendo a qualidade e gerando o aumento da satisfação do cliente. Em seu estudo concluiu-se que com a eliminação dos desperdícios, através do mapeamento do fluxo de valor, somado a alteração do layout e ajuste do número de operadores, através do balanceamento da linha de produção, pode ser alcançado um aumento de produtividade.

Ainda a respeito de maneiras de superar a concorrência, Gerhardt *et al.* (2007) trazem com o desenvolvimento da metodologia para balanceamento multi-modelo e estudos de caso relacionados, a visão a respeito da customização de produtos para produção em massa, onde através de alterações de layout se obtém a flexibilidade da linha de produção, necessária para a realização de produção de modelos com variações, levando ao cliente variedade e custo.

Segundo Reginato *et al.* (2016), não apenas o balanceamento e o layout da linha afetam a produtividade dela, mas a variedade de produtos também acaba restringindo a produção de alguns modelos, alterando a produtividade, como a carência ou reprovação de peças, a indisponibilidade de máquina, entre outros problemas. Assim, com a proposição de uma heurística para o balanceamento de linha de montagem para mix de produtos, conclui-se que a adaptabilidade da linha pode gerar resultados de produtividade melhores, visto que será reduzida o tempo de ociosidade da linha apesar da variação de produtos gerados.

Conforme estudado por Schluter e Ostermeier (2022) além de efeitos negativos quanto à carga de atividade desbalanceada, o desequilíbrio entre os postos de trabalho pode gerar desmotivação aos operadores, visto que pode ser avaliado como uma distribuição injusta de atividades. Nesse sentido,

no estudo, buscou-se avaliar o balanceamento dinâmico de linha, onde a ideia é a atribuição de atividades fixas para os postos e atividades compartilhadas entre eles, gerando um maior equilíbrio da linha.

Segundo Pilati *et al.* (2022), a flexibilidade das linhas é fundamental, nos dias atuais, para o atendimento dos desejos dos clientes, que a cada dia procuram por produtos personalizados, exigindo mudanças internas na organização, viabilizando a entrega de valor pelo atendimento das expectativas dos consumidores.

A abordagem de Kádárová (2022) remete ao ambiente de constante crescimento de produtividade que as empresas necessitam enfrentar, desta forma buscando soluções através de redução de desperdícios, balanceamento de linhas e atualmente o uso de automação e robótica nos processos. Em seu estudo foi possível a eliminação de desperdícios através do balanceamento da linha, com a medição do tempo consumido, e equilibrando os postos de trabalho, além da inclusão de robôs e da automação na linha de produção, gerando assim o aumento de produtividade.

O estudo de caso gerado por Oliveira *et al.* (2016) evidenciou, com uma pesquisa exploratória de finalidade aplicada, a dificuldade encontrada nas indústrias de gerenciar a capacidade e os custos de setup de produto, que a reestruturação de layout realizado junto com o balanceamento da linha de montagem gera resultados que aumentam a competitividade da empresa e diminuem os desperdícios. Trata-se de um processo contínuo dependente da equipe de planejamento e controle da produção com a definição da demanda ou produto a ser produzido.

Para Silva e Bertocello (2010), a ideia da ergonomia é a adequação das áreas e condições de trabalho para redução de movimentos e repetições, melhorando desta forma o ritmo e a forma de trabalho do operador. Para tanto, simples medidas ergonômicas, como alteração de layout e balanceamento da linha podem prevenir doenças causadas pelo esforço que o operador sofre. Por fim, o levantamento realizado através da aplicação de questionário desenvolvido em empresas do distrito industrial da cidade de Uberaba evidencia que a gestão e o arranjo do ambiente de trabalho geram benefícios para a qualidade de vida do operador.

No trabalho de Shikha *et al.* (2022), avaliou-se que distúrbios musculoesqueléticos podem causar danos irreversíveis afetando a vida dos colaboradores, e por esse motivo eles devem receber medidas de segurança ergonômicas adequadas. Com a ajuda de uma ferramenta rápida de avaliação é possível medir e verificar no ato da análise a carga aplicada, o tempo do movimento e suas velocidades, assim podendo priorizar ações de melhoria em atividades que possam gerar risco aos colaboradores. Com seu trabalho, Shikha *et al.* (2022) concluíram que as soluções geradas para os problemas que surgem dentro da empresa devem resultar em melhorias de produtividade, qualidade,

tempo de setup, lead time, redução de paradas e refugos, mas também gerar ao operador um ambiente confortável e seguro para o desempenho de suas funções.

2.3. Potencial de Inovação

Conforme mostrado no levantamento bibliográfico apresentado anteriormente, o presente trabalho se diferencia dos existentes na literatura devido a se tratar de um problema aplicado em uma empresa multinacional de grande porte no ramo de eletrodomésticos, especificamente de pequenos eletrodomésticos, entre eles ventilador e liquidificador. O trabalho foi aplicado dentro de uma linha de ventilação onde se observou a possibilidade de avaliar dois conceitos importantes dentro da indústria, a produtividade e a segurança, avaliados através do balanceamento e ergonomia da linha.

Apesar do baixo potencial de inovação, o trabalho apresenta ganhos potenciais à empresa estudada, o que, como informado anteriormente, é de fundamental importância visto a competitividade do mercado em que está inserida. Desta forma, ganhos referentes a desperdícios são traduzidos em redução do custo de produção do produto o que gera vantagem competitiva à empresa frente às concorrentes do mercado.

Dentre os benefícios que se poderá observar diante das melhorias aplicadas estão: a sinergia dos operadores em postos distintos, o ganho de produtividade da linha, melhorando o balanceamento da linha e reduzindo o tempo de produção do produto, e a realocação de colaboradores dentro da empresa, e adequações ergonômicas beneficiando os operadores em suas atividades.

Diante disso, com o estudo de caso busca-se cobrir o gap existente da literatura, almejando retornar, com a experiência relatada, insights para o auxílio de outros gestores e corporações nos seus respectivos desafios do dia a dia.

3. METODOLOGIA

Na atual seção do trabalho, será discutido a metodologia utilizada para o solucionamento do problema proposto. A sessão é constituída por três tópicos em que serão tratados, respectivamente, a classificação do estudo segundo Cauchick (2011), a coleta de dados do problema e a estatística utilizada para a resolução do tema em questão.

3.1 Contexto do problema

O problema a ser analisado será em uma das fábricas de uma multinacional de grande porte do setor de eletrodomésticos, que tem como política integrada a manutenção da satisfação do cliente, eficiência financeira, eficiência operacional, segurança ocupacional, cuidados com o meio ambiente e inovação.

A análise será realizada na indústria filial situada em Jaboatão do Guararapes, Pernambuco, responsável pelo ramo de ventiladores, máquinas de lavar e liquidificadores. A empresa possui a produção em massa de produtos, dispostos em oito linhas de produção, seis referentes ao ramo de ventiladores, uma de lavadora e uma de liquidificador.

O organograma da empresa tem o tipo vertical, hierarquizado, com o gerente da planta no topo, sendo suportado por coordenadores dos setores fundamentais e de apoio. As decisões são tomadas pelo gerente após reuniões com os coordenadores, em especial o coordenador de produção, o coordenador de projetos, coordenador de logística e o coordenador de qualidade, EHS e OPS, sendo EHS responsável pelas áreas de meio ambiente, saúde ocupacional e segurança do trabalho, e OPS pela área de melhoria contínua.

Como cultura da empresa e buscando enfrentar o contexto em que está inserida, a multinacional é uma das empresas que apoiam programas do tipo kaizen e workshops com a intensão de buscar, através da visão dos operadores e líderes de linha, melhorias que possam ajudar na produção, aumentando a eficiência, identificando e avaliando riscos dos processos e ocupacionais, e eliminando os perigos e riscos de segurança e saúde do trabalho.

3.2. Coleta de Dados

Com o problema detectado, através de análises de ferramentas como o “5 porquês” e “diagrama de Ishikawa”, o primeiro passo a ser realizado foi o contato com a liderança da linha de montagem, que com sua experiência e observações diárias contribuiu de forma ativa no processo de reestruturação da linha. Ao ser procurada a líder propôs alterações, que foram levadas em discussões pela diretoria para verificação da aplicabilidade da proposta na prática.

Dada a solução proposta coube a realização da avaliação. Para tanto, foi necessária a análise dos dados já existentes para a avaliação inicial da performance da linha de montagem. Os dados foram obtidos pelo próprio sistema da empresa, no qual já existia o roteiro da linha de produção com os tempos necessários para a realização de atividade e o balanceamento da linha.

Neste momento se observou que a proposta compartilhada pela líder tinha serventia no solucionamento do problema. Desta forma, outra reunião foi solicitada contando com a presença de áreas fundamentais, produção e manutenção, para a definição do panejamento da melhoria.

Neste ponto, coube a definição de etapas para a realização da melhoria, contudo, existiam dois limitantes para a realização das atividades: o tempo disponível da equipe de manutenção, que teria que dividir o tempo necessário para as mudanças com outras atividades essenciais para a produção da fábrica; e a produção dos ventiladores, que não poderia parar visto as entregas necessárias para atender os clientes.

Deste modo definiu-se que teriam que ser realizadas 2 etapas independentes para a conclusão do processo, a primeira fase com a alteração do local do posto de montagem da pizza (base pedestal), e a alteração do posto de quadro de teste para o posto de trabalho 2. Com isso, a equipe de manutenção necessitou da parada da fábrica no final de semana para a realização das alterações necessárias, sendo criado uma área de trabalho para o posto da pizza e o seu arranjo dentro da linha de montagem. Junto a essa atividade, a equipe também fez a alteração de layout das bancadas dos postos de trabalho 1 e 2, para a disposição do quadro de teste e algumas pequenas alterações ergonômicas.

Após a primeira etapa concluída foi percebida a necessidade de uma nova cronoanálise, pois a bancada ao sofrer alteração mudou os movimentos das atividades praticadas pelo montador. Sendo assim foi necessário realizar uma reavaliação de todas as atividades da linha, fazendo o cálculo de tempos e movimentos, definindo um novo tempo das atividades e alterando o tempo de roteiro de fabricação. Esta alteração foi levada junto ao balanceamento de linha que sofreu alteração devido a nova distribuição de atividades entre os postos e devido a alteração do tempo de realização das atividades.

Feito o novo balanceamento, foi confirmado que as mudanças realmente fizeram efeito na linha, a performance da linha alterou e sua produtividade aumentou, o que sustentou o seguimento da segunda fase, que se tratou de melhorias ergonômicas a bancada do posto de kit finalizador, que também passou a realizar as atividades antes designadas ao posto dos pés.

A fim de conduzir a avaliação ergonômica, avaliou-se o posto de trabalho in loco, observando fatores como postura, repetitividade, precisão, amplitude e esforço, além de outros aspectos que chamaram sua atenção durante a análise. Com esta averiguação foi possível realizar os estudos prévios da ergonomia do posto de trabalho. Após a finalização da segunda etapa toda esta verificação

foi necessária ser repetida para a verificação da condição ergonômica e comparação com o estado anterior.

Ambos os processos foram realizados utilizando o auxílio de planilhas eletrônicas, desenvolvidas e aplicadas pela empresa, e arquivos salvos e disponibilizados no ambiente de nuvem da empresa estudada. A seguir na figura 2, está o fluxograma das atividades realizadas para a avaliação do desempenho das melhorias aplicadas na linha.

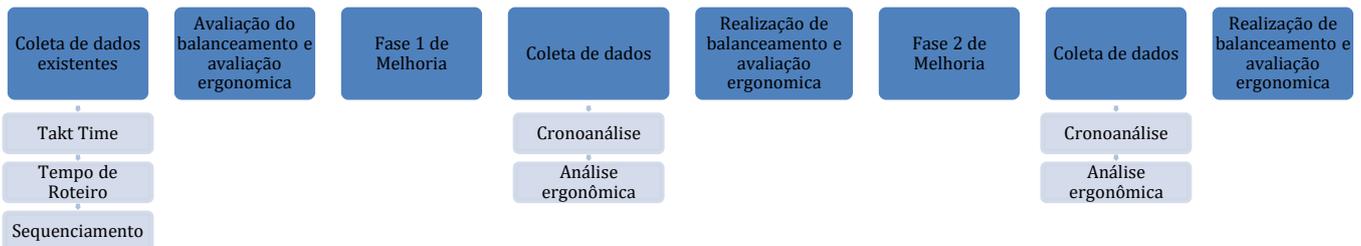


Figura 2 - Fluxograma de atividades

Fonte: Empresa X (2022)

3.3. Análise de dados

Como dito anteriormente, após adquirir os dados, foi realizado as avaliações necessárias em cada um dos processos. Para tanto, usaram-se as ferramentas disponibilizadas pela própria empresa para a avaliação como forma de padronização entre as filiais.

Na avaliação relacionada a área de processos de produção, realizou-se o processo de coleta dos dados de maneira manual, filmando as atividades, observando e cronometrando o tempo necessário de cada ação, de acordo com a sequência estabelecida no roteiro e disponibilizada na linha. Com os dados do roteiro atualizados, o analista utilizando uma base para cálculo de balanceamento pode montar a distribuição das atividades, levando em conta alguns fatores como tempo disponível do colaborador, disponibilização de espaço na bancada para a colocação do estoque de bancada, sequência do roteiro, entre outros pontos.

Para isso, na planilha criada, as atividades são colocadas na sequência do roteiro, com seu tempo de execução atualizados, e o analista passa a realizar a distribuição das atividades. Deste modo, o tempo de realização de cada atividade é somado e comparado com o tempo de *takt-time* disponível na linha, este tempo é definido realizando um cálculo de quantidade de produção sobre o tempo total disponível. Para este tempo, é desconsiderado o tempo que o colaborador realiza pausas, como idas ao banheiro, refeição, laboral, reuniões diárias, entre outros, sendo utilizada apenas o tempo real de disponibilidade do colaborador na linha. Esta comparação realizada é conhecida como tempo de ocupação do colaborador e deve estar entre 90% e 100%, seu complemento se refere ao tempo de

ociosidade, que deve ser mantido o mais baixo possível, uma vez que este tempo acarreta custos sem produzir resultados.

Assim como o avaliador de processos, o avaliador da área de saúde ocupacional e segurança do trabalho (EHS), realizou sua análise através de planilhas eletrônicas criadas pela empresa para a realização dos cálculos referente as observações feitas em loco.

Na planilha, após a inclusão das informações iniciais sobre a linha, percorreu-se as abas da planilha, que representam cada subgrupo dos 4 grandes grupos de análise a ser avaliado. Assim, o avaliador, conforme suas avaliações e as legendas apresentadas na planilha, realiza a avaliação do posto de trabalho. Cada aba da planilha retorna um valor gerado através de uma soma ponderada que é compilado em uma aba de resumo para a avaliação geral do posto.

A avaliação como mencionada é separada em 4 grandes grupos: o primeiro, o biomecânico, que avalia os subgrupos de postura, movimento, precisão, repetibilidade, entre outros; o segundo, o ambiente físico com o ruído, calor, iluminação e químicos; o terceiro grupo é o da cognição com a percepção de esforço, risco, alto desenvolvimento e outros. Por fim, o organizacional com o rodízio, autonomia, recuperação e ritmo de trabalho. Os resultados trata-se de uma média ponderada de cada subgrupo referente ao seu grupo, gerando assim um resultado posto em comparação com uma escala de criticidade definida por 5 níveis: baixo, moderado, presente, alto e importante. Onde o valor baixo significa um nível onde é necessária pouca avaliação e o nível importante significa que é urgente realizar uma melhoria no item. O valor de referência para cada nível varia de acordo com o grupo estudado.

Deste modo, conforme o resultado encontrado, o analista dedica prioridade ao posto de trabalho com o intuito de realizar melhorias que venham a reduzir o nível de criticidade apresentado em sua avaliação. Com a redução desses números, é considerado que a melhoria ocorrida forneceu ao colaborador um ganho de ergonomia.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Realizada a avaliação literária/teórica do problema proposto chega o momento da realização prática da melhoria. Com o problema descrito e o desejo da resolução em busca de uma melhor performance da linha, observa-se a necessidade de realizar as avaliações métricas para encontrar os pontos críticos e realizar as alterações necessárias para assim atingir os objetivos. Diante disso, neste capítulo são apresentados os tópicos de balanceamento de linha e de ergonomia, mostrando o antes e o depois das melhorias criadas e as atividades essenciais utilizadas para a solução do problema. Por fim, tem-se uma discussão da contribuição para a engenharia de produção a partir dos resultados obtidos.

4.1. Balanceamento

O processo de montagem do produto, representado pelo fluxograma abaixo, começa com o posto do montador 1, e seguindo conforme ilustrado na Figura 3 até o posto do kit finalizador. Neste intervalo, todo o processo de montagem do produto e todos os testes de qualidade devem ser realizados. No fluxograma, os postos de pés e pizza foram excluídos por serem processos realizados com o intuito do abastecimento interno e não do produto propriamente dito.

Na figura 4 é apresentado o layout antes das melhorias aplicadas na empresa, onde se pode observar a distribuição da linha, com a disposição do único quadro de teste.

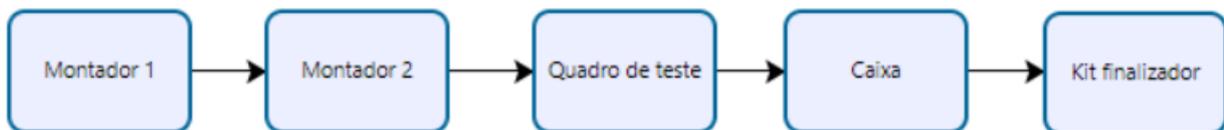


Figura 3 - Fluxograma do processo antes das melhorias

Fonte: Empresa X (2022)

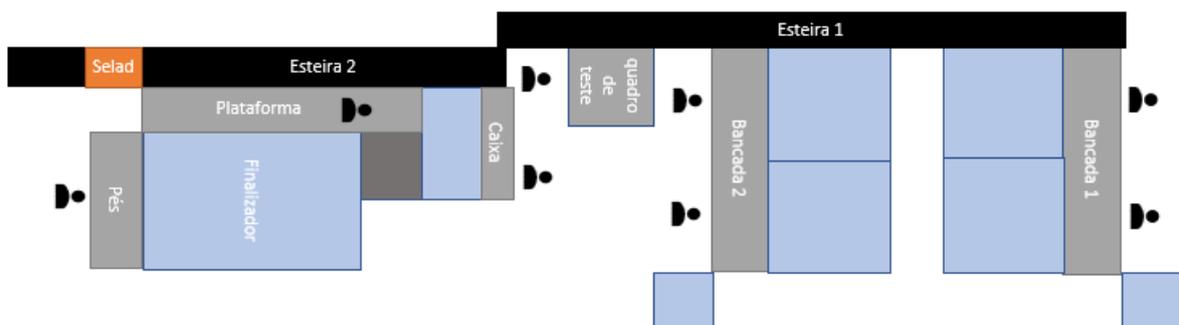


Figura 4 – Layout da linha de produção antes das melhorias

Fonte: Empresa X (2022)

No processo produtivo, a maior parte das atividades ficam destinadas aos postos de montagem inicial, o montador 1, disposto no posto de trabalho 1, ele é o responsável pelas ligações elétricas do motor e montagem da coluna do ventilador no motor. O montador 2, disposto do posto de trabalho 2, segue a produção com a montagem das grades, hélice e adesivação do produto com os selos obrigatórios. Após esse processo concluído o produto segue através da esteira até o posto do quadro de teste, onde todos os produtos são testados, sendo necessários uma atenção do colaborador para seguir todo o passo a passo definido e controlado pelo setor de qualidade, garantindo assim a qualidade, segurança e performance do produto. Com isso realizado, o produto volta para a esteira onde segue até o colaborador responsável pela montagem da caixa e colocar o produto com os calços e manuais necessários na caixa, feito isso o produto volta a esteira e segue até o operador do kit finalizador que insere os adicionais do produto, como a coluna do pedestal e o adaptador dessa coluna, e fecha a caixa passando pela seladora.

Como dito anteriormente, o posto de trabalho do quadro de teste é a estação determinante na linha de produção o que pode ser verificado analisando o balanceamento da linha, mostrado na Tabela 1, antes da melhoria da linha. Também é possível observar que a estação de montagem da pizza não é definida no balanceamento inicial da linha, fato justificado devido ao distanciamento da estação com a linha, sendo transformado em um cliente interno produzindo para estoque, assim seu *Takt-Time* não influencia no tempo de montagem dos produtos.

	PDT 01	PDT 02	Q.T	CAIXA	KIT / FINALIZADOR	PÉS
%	92,1%	80,7%	99,4%	89,1%	47,9%	63,1%
CARGA (s)	46,898	41,056	50,611	45,374	24,372	32,112
T.Tackt (s)	50,904	50,904	50,904	50,904	50,904	50,904
T.Ciclo (s)	50,904	50,904	50,904	50,904	50,904	50,904

Tabela 1 – Tabela do balanceamento da linha antes.

Fonte: Empresa X (2022)

Para a realização do balanceamento existem considerações a serem feitas, a primeira é que no momento de cálculo de tempo, cronoanálise, deve-se ser levado em consideração no mínimo 30 observações com diferentes colaboradores, devido ao fato da familiaridade com a operação para que assim possa ser definido um tempo médio de atividade. Outro ponto a ser considerado é o tempo disponível do colaborador para a realização das atividades, removendo do tempo total tempos como idas ao banheiro e beber água. Além desses pontos, para evitar fadiga muscular, a empresa utiliza a rotação do trabalhador nos postos de trabalho, atividade que reduz o tempo total de disponibilidade do colaborador. No entanto, no percentual disponibilizado na tabela 1, esses valores já foram abatidos e o tempo considerado é o tempo real de operação.

Tabela 2 – Tabela do balanceamento da linha pós fase 1.

Fonte: Empresa X (2022)

4.1.2 Fase 2

Após a primeira fase observou-se que os postos anteriores, posto de trabalho 1 e posto de trabalho 2, e o posto seguinte ao do quadro de teste, caixa, atingiram um nível desejado de ocupação de tarefas. Em contrapartida, os postos como finalizador, pés e pizza, ainda mantiveram um alto valor de ociosidade, mostrando a possibilidade de melhoria nos postos.

Esta necessidade foi solucionada na fase 2 do projeto, quando foi realizada a alteração de layout pela equipe de manutenção na área final da linha, que compreende os postos de finalizador e pés. A alteração compreendeu a mudança de layout no posto onde ocorreu a criação de uma bancada para o operador do kit finalizador, permitindo a ele a realização das atividades relacionadas ao posto pés, que compreende a colocação da borracha de aderência na base de mesa do produto.

Assim, conseguido um acréscimo de performance de mão de obra na linha de montagem, saindo de 9 colaboradores no processo inicial para 7 colaboradores, foi possível integrar à linha a mão de obra do colaborador do posto da pizza, evitando produzir para estoque. Além disso, o colaborador do posto de pizza passou a ser a mão de obra mais ociosa da linha, sendo possível atribuir a ele atividades de 5S e de conserto de produtos danificados. A diante, na Tabela 3, é possível avaliar o novo balanceamento da linha, com as melhorias implementadas e toda a distribuição de atividades feitas.

	PDT 01	PDT 02	finalizador	CAIXA	Pizza
%	90,5%	97,2%	86,9%	96,7%	65,1%
CARGA (s)	46,086	49,473	44,261	49,220	33,141
T.Tackt (s)	50,904	50,904	50,904	50,904	50,904
T.Ciclo (s)	50,904	50,904	50,904	50,904	50,904

Tabela 3 – Tabela do balanceamento da linha após melhoria implantada.

Fonte: Empresa X (2022)

Com os ajustes feitos foi possível obter um ganho de produção de 18,242 segundos, saindo de 240,423 para 222,181 na produção de um equipamento, obtendo assim uma redução de 7,58% do tempo de produção.

Como pode ser observado na Figura 5, o novo fluxograma teve pouca diferença do anterior, sendo o mesmo após primeira e segunda fase. Como alteração houve apenas a troca dos postos de quadro de teste pelo de pizza, no fluxograma, visto que as atividades do quadro de teste como mencionados foram atribuídas ao montador 2, no posto de trabalho 2, mantendo assim a qualidade e segurança do produto. O posto da pizza passou a servir, ao posto da caixa, com a base pedestal do

produto que é colocado na embalagem do produto e se segue mesma sequência de atividades do fluxograma anterior.



Figura 5 - Fluxograma do processo após melhoria

Fonte: Empresa X (2022)

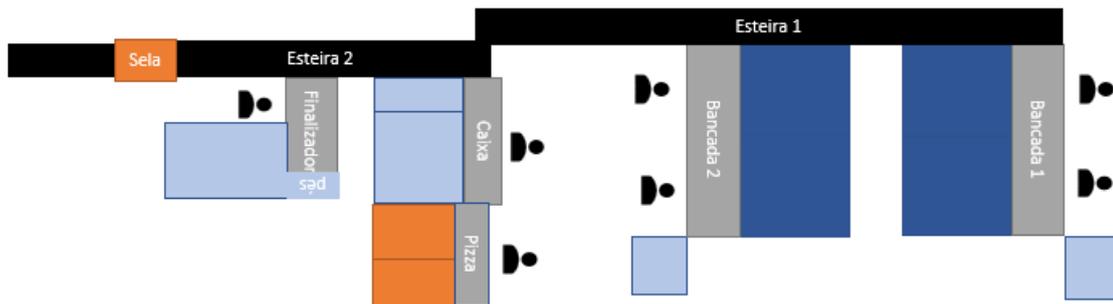


Figura 6 - Layout da linha de produção após melhorias

Fonte: Empresa X (2022)

4.2. Ergonomia

A avaliação da ergonomia dos postos de trabalho da linha visou gerar melhorias nos procedimentos e tarefas onde há maior criticidade no processo. Para tanto, foi utilizado o eval ergo, ferramenta desenvolvida e utilizada pela empresa para avaliação ergonômica.

A ferramenta eval ergo realiza uma avaliação em 4 grandes grupos, biomecânico, ambiente físico, cognição e organizacional, retratando assim o mapa de risco do posto de trabalho, podendo estar em 5 níveis, baixo, moderado, presente, alto e importante. Dentro das 4 áreas existe subdivisões que são avaliadas para gerar a nota final do grupo e em cada subdivisões existem perguntas para mensurar numericamente a severidade e a criticidade, gerando uma pontuação para a avaliação do risco do posto.

Na avaliação foi constatado que o posto de trabalho de finalização possuía um risco presente, sendo o subgrupo posto de trabalho, presente no grupo biomecânico, o mais impactante fator sobre esse risco. Visto que ocorreu uma alteração significativa dentro do posto de trabalho do finalizador, vide a adição de atividades pertencentes a outros postos e a alteração significativa de sua bancada, era razoável esperar tal diagnóstico.

Na figura 7, é possível observar na folha de análise do relatório que o fator biomecânico é o de maior impacto antes das alterações realizadas na linha de montagem, conforme ilustrado na figura abaixo, observa-se a avaliação de risco do posto avaliado antes das melhorias implementadas no mesmo.

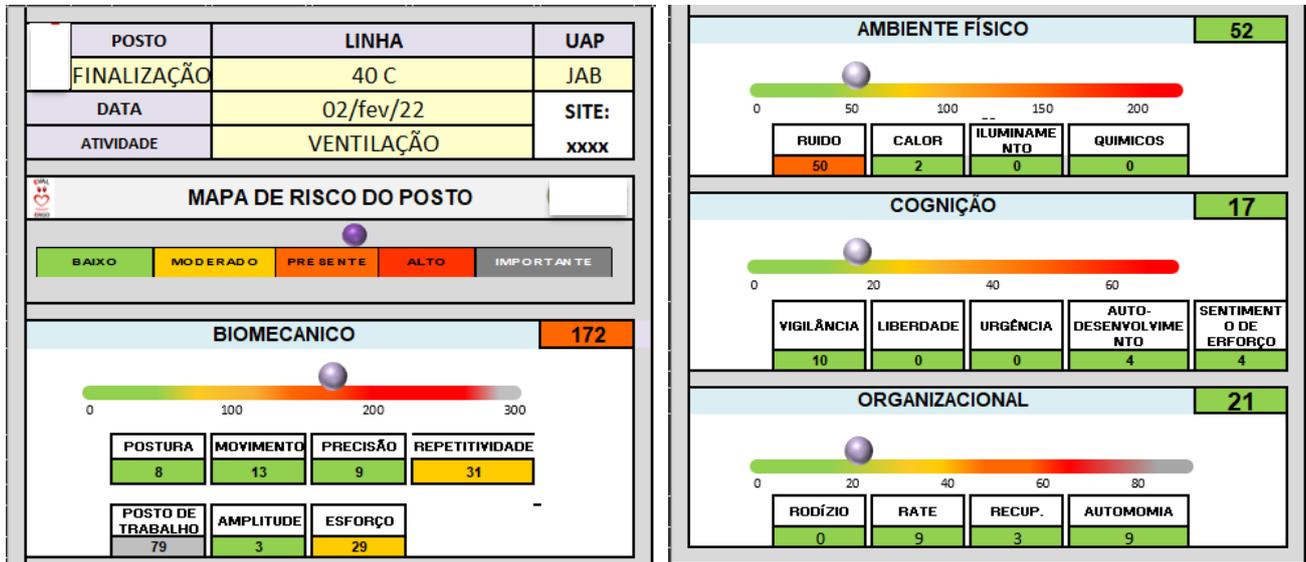


Figura 7 – Imagem do eval ergo da linha antes melhoria implantada.

Fonte: Empresa X (2022)

Ao realizar a avaliação do posto ficou constatado alguns fatores que contribuía para esse mal desempenho ergonômico, como uma área de movimentação apertada e com a presença de um desnível, necessário devido ao tamanho da caixa do produto sobre a esteira; o tempo de seu trabalho sendo definido pelo tempo da esteira; movimentações repetidas com envergadura de coluna e pega de material fora da zona de alcance.

Diante disso, foi feita a alteração do layout da área de trás da linha de montagem, justamente onde o finalizador fica disposto. A principal melhoria veio da mudança de posição da bancada que antes exigia do colaborador uma movimentação de 180° e passou a exigir uma movimentação apenas de 90° para a colocação das peças dentro da caixa, o que acabou reduzindo a movimentação no curto espaço disponível e com obstáculos presentes.

Ainda voltado à bancada do colaborador, outro ponto foi melhorado devido a necessidade da aplicação dos antiderrapantes na base do produto, além do ajuste de altura da bancada com a inserção de um pistão hidráulico para o colaborador realizar a regulagem, visto que nem todos os colaboradores possuem a mesma altura.

A bancada e o *workstation*, local onde ficam disponíveis as caixas de material, foram ajustados de maneira que sua dimensão permitisse que o colaborador não realizasse esforços além da zona de alcance tolerável, aproximadamente 90 cm de distância do seu eixo e a uma altura entre 100

cm e 150 cm. Este ajuste não foi realizado apenas na bancada do finalizador, mas também em todas as bancadas da linha de montagem. Após as melhorias aplicadas um novo eval ergo foi realizado, conforme vem sendo apresentado na figura 8, para a avaliação posterior do posto, é possível observar o impacto da melhoria, através da ferramenta desenvolvida pela empresa.

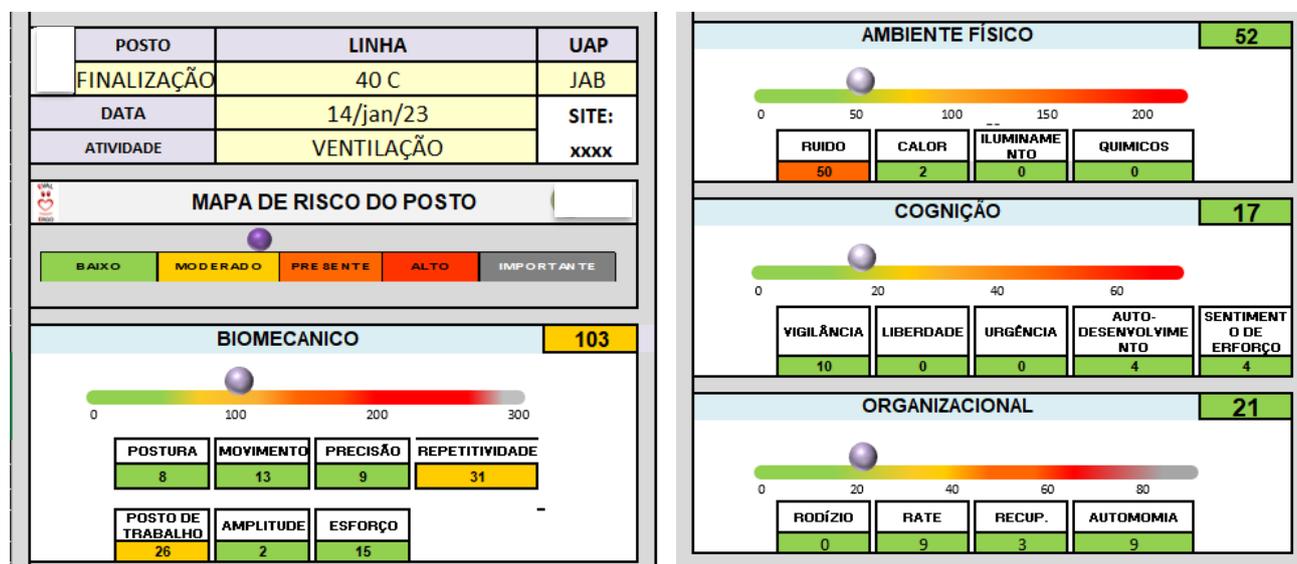


Figura 8 – Imagem do eval ergo da linha após melhoria implantada.

Fonte: Empresa X (2023)

É possível avaliar que após as melhorias realizadas o risco do posto reduziu de presente para moderado, trazendo assim benefícios para o colaborador e para a empresa. Observa-se também que o maior gerador desse efeito foram as melhorias no posto de trabalho que gerou um resultado impactante no subgrupo posto de trabalho alterando o seu valor na avaliação de 79 para 26, devido as reduções de movimentações e os ajustes na bancada para o melhor desempenho do colaborador.

Outro subgrupo que sofreu alteração foi o de esforço, saindo do valor de 29 para 15. Isso se deu devido a maior variedade de ações que o colaborador terá que efetuar devido as suas novas atividades, alterando assim a sua percepção de esforço frente às atividades realizadas, uma vez que, devido às novas atividades necessitarem de movimentos diferentes das atividades realizadas anteriormente, o colaborador realiza menos repetições, reduzindo assim seu esforço.

4.3. Considerações finais e contribuições para engenharia de produção

As duas fases desse projeto trouxeram modificações que geraram à empresa ganhos importantes de produtividade, como pode ser visto no balanceamento da linha após as modificações. No presente trabalho, foi possível observar que a realocação de um operador para outra linha de produção eliminou a necessidade de contratação de um novo funcionário com implicações sobre os custos de produção.

As alterações de layout, também contribuíram com ganhos para a empresa, permitindo reduções de tempos de movimentação do operador e de estoque de peças. Ergonomicamente, foi possível gerar um maior bem-estar para os colaboradores, evitando perdas de produção, como a superprodução, transporte e estoque que ocorriam no posto da pizza, a espera que ocorria no posto do quadro de teste, sendo o limitador da linha, e as perdas de movimentação que ocorriam nas bancadas com as movimentações desnecessárias dos operadores.

A atuação da engenharia de produção dentro da indústria se reflete bastante na conexão entre as áreas de engenharia de operações e a qualidade, buscando maneiras de manter a qualidade do produto, reduzindo custos, aumentando a produtividade e encarando as dificuldades encontradas no dia a dia da planta industrial. No presente trabalho, pôde ser observado diversos pontos onde os ensinamentos da engenharia, foram usados e tiveram fundamental importância para a solução do problema proposto, tais como a engenharia de melhoria, pensamentos de produção enxuta, decisão de layout, estudos de tempos e movimentos, otimização de fluxo de produção, entre outros que são importantes no desenvolvimento da melhoria contínua.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo se voltou para um problema em uma linha de montagem de ventilador de uma multinacional localizada na cidade de Jaboatão dos Guararapes- PE, a qual possuía dificuldades de produção devido ao seu gargalo, o que gerou um estudo com o intuito de avaliar possíveis pontos de melhorias de performance e redução de custos. Verificou-se que a linha possuía apenas um quadro de teste destinado a todos os produtos, tornando-se o gargalo da produção e gerando *buffer* nas esteiras e estações de trabalho. Associado a este problema, foi possível verificar que a linha de produção possuía alguns dos desperdícios definidos por Ohno (1997), entre eles o de espera, movimentação, estoque e transporte, encontrados nos postos de trabalho.

Assim, conforme sugerido por Kumar (2013) foi realizado o balanceamento da linha de produção, mantendo seu nivelamento e fluxo constante e evitando altos níveis ou desocupação dos colaboradores na linha a fim de reduzir os desperdícios observados. A empresa buscou, através de ferramentas desenvolvidas internamente e com base em estudos apresentados inicialmente por Taylor (1990) e mencionado no livro de Barnes (1977) a respeito dos tempos e movimentos, realizar o cálculo de tempo de atividade utilizado na composição do roteiro do produto antes da realização do balanceamento de linha.

A empresa realizou, então, o processo de melhoria em duas fases, conforme a disponibilidade da equipe de manutenção e do volume de produção. A primeira fase foi a responsável pela movimentação do posto de preparação da pizza, que estava disposto distante do restante da linha, necessitando assim sua produção para estocagem além da movimentação excessiva do material, que era estocados em aramados para seu abastecimento posterior na linha de produção. Junto a essa mudança houve a inserção de quadro de testes diretamente em cada bancada do posto de montagem 2, onde o operador absorveu essas atividades, não sendo mais necessário um posto específico para essa atividade, excluindo assim o gargalo da linha.

Na segunda fase, o processo foi mais simples com a alteração de layout de bancadas em especial do posto de kit finalizador, que necessitou de uma mudança mais profunda, pois a bancada foi remontada para adequações ergonômicas e inclusão das atividades do posto de pés, que deixou de existir, assim removendo movimentações cruzadas dentro da linha e evitando a produção para estoque das bases do ventilador com os antiderrapantes.

Deste modo, a empresa apresentou ganhos de produtividade que puderam ser observados com a redução de 2 colaboradores e de tempo de produção do produto, obtendo um ganho de 18 segundos no processo. Com esses resultados, os custos do produto caem o que gera à empresa a possibilidade de aumentar o valor percebido do produto pelo consumidor, seja pelo repasse desse desconto ao cliente ou por adição de novas funcionalidades, mantendo preço. A utilização de ferramentas como

kaizen e workshop se mostram, portanto, valiosas a fim de gerar melhorias em termos de performance e produtividade da linha de montagem com impactos na competitividade da organização, trabalhando com o próprio colaborador, que está diretamente ligado às dificuldades e problemas enfrentados na linha.

Portanto, diante das informações apresentadas neste trabalho, é possível mostrar as necessidades que as indústrias passam em busca do aumento dos seus lucros operacionais, reduzindo custos desnecessários, além da importância da atuação do engenheiro de produção dentro da indústria, otimizando os processos produtivos e trazendo melhorias.

5.1. Limitações e trabalhos futuros

Apesar dos importantes resultados obtidos, o presente trabalho apresenta algumas limitações, como o fato do estudo ter sido aplicando dentro de uma linha de montagem, numa empresa de ventiladores, cujo processo produtivo segue uma sequência de atividades determinada, sendo produzidos por lote. Empresas de áreas diferentes, com processos produtivos distintos podem exigir abordagens com certo grau de diferenciação, atendendo a necessidades peculiares para que o processo de melhoria seja efetivo. Outra limitação diz respeito às ferramentas utilizadas neste estudo para as análises. Embora sejam válidas, não são exclusivas. Outras abordagens e metodologias podem ser aplicadas, ampliando o escopo e melhorias para a mesma situação problema.

Estudos futuros, contudo, poderão ser realizados, abordando tais aspectos, implicando em novas contribuições para a empresa e para a área de engenharia de produção, bem como outros problemas da empresa também poderão ser objeto de estudo, explorando pontos de necessidade estratégica.

6. REFERÊNCIAS.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977

CAUCHICK-MIGUEL P. A. (org.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia da Produção e Gestão de Operações**. Elsevier, 2ed. Rio de Janeiro, 2011

DE ABREU CYBIS, W; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade 3ª edição: Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. Novatec Editora, 2015.

DE ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, 2006.

DE SOUZA SILVA, W. et al. Congresso Brasileiro de engenharia de produção, IX, 2019, Ponta Grossa-PR, Mapeamento de fluxo de valor do processo produtivo das prensas enfardadeiras de uma Empresa do norte do Paraná. **APREPRO**, 2009.

DEMOGURSKI, R. A., OLIVEIRA, M., NEUMANN, C. Encontro Nacional de engenharia de produção, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro-RJ, Balanceamento de linha de produção. **ABEPRO**, 2008.

FERREIRA, L. A. F., et al. “Engenharia De Métodos: Uma Revisão De Literatura Sobre o Estudo De Tempos e Movimentos.” **Revista FATEC Zona Sul**, vol. 4, no. 3, 2018, pp. 31–46.

GERHARDT, M. P., et al. Metodologia Para o Balanceamento De Linhas De Montagem Multi-Modelo Em Ambientes De Customização Em Massa. **Gestão & Produção**, vol. 14, no. 2, pp. 267–279, 2007.

ITIRO, I., **Ergonomia - Projeto e Produção**, 2ª edição revista e ampliada. Editora Edgard Blucher, 2005.

JAISWAL, A.; SANE, S. M.; KARANDIKAR, V. Improving Productivity in a Paint Industry using Industrial Engineering Tools and Techniques. **International Journal of Advance Industrial Engineering**, v. 4, n. 11, 2016.

KÁDÁROVÁ J, JANEKOVÁ J, SUHÁNYIOVÁ A. Possibilities to Increase Assembly Line Productivity Using Different Management Approaches. **Processes**. 10(3):553, 2022.

KUMAR, D. M. Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. **Global Journal of Research In Engineering**, 13(2), 2013.

MATOS, T. **Em 5 anos, real perdeu 30% de seu poder de compra**. Disponível em <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/05/04/em-5-anos-real-perdeu-quase-30percent-de-seu-poder-de-compra.ghtml>>. Acessado em: 12 de jul. 2022

MOKTADIR, M. A. et al. Productivity Improvement by Work Study Technique : A Case on Leather Products Industry of Bangladesh. **Industrial Engineering Management**, v. 6, n. 6, p. 1–11, 2017

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning. 2008.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997 (edição norte-americana de 1988 e primeira edição japonesa de 1978)

OLIVEIRA, I. M. D. et al. Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção. **Exacta-EP**, v. 15, n. 1, p. 101-110, 2016.

ORTIZ, C. A. **Kaizen e implementação de eventos kaizen**. Bookman Editora, 2009.

PILATI, F., LELLI, G., REGATTIERI, A. *et al.* Assembly line balancing and activity scheduling for customised products manufacturing. **Int J Adv Manuf Technol** **120**, 3925–3946, 2022.

PINTO, A. G. M. J. A. TERESO, & R. F. ABRAHÃO. Práticas Ergonômicas Em Um Grupo De Indústrias Da Região Metropolitana De Campinas: Natureza, Gestão E Atores Envolvidos. **Gestão & Produção** 25.2: 398-409. Web, 2018.

PISUCHPEN, R.; CHANSANGAR, W. Modifying production line for productivity improvement: A Case Study of Vision Lens Factory. **Songklanakarin Journal os Science Technoly**, v. 36, n. 3, p. 345–357, 2014.

REGINATO, G., et al. Balanceamento De Linha De Montagem Mista Em Cenários Com Distintos Mix De Produtos. **Gestão & Produção**, vol. 23, no. 2, pp. 294–307, 2016.

SCHLUTER, M. J., OSTERMEIER, F. F., Dynamic line balancing in unpaced mixed-model assembly lines: A problem classification, **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, Volume 37, Pages 134-142, 2022.

SHIKHA N. SINGH, K.R. RAJESH, S. SUNIL, Ergonomics control – Assembly station, **Materials Today: Proceedings**, Volume 54, Part 2, Pages 513-518, 2022.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. trad. Eduardo Schaan. -2ªed. Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SILVA, J., & BERTONCELO, D. Realidade da adequação de indústrias de médio porte às normas de ergonomia. **Consciência e Saúde**, 9(2), 227-237, 2010.

SLACK, N., CHAMBERS, S., & JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas. 2009.

SOUSA, I. C. et al. A engenharia de métodos como uma ferramenta de melhorias processuais e redução de custos: um estudo exploratório no setor. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, v. 3, n. 2, p. 90–100, 2015.

TAYLOR, F. W., **Princípio da administração científica**. trad. Arlindo Vieira Ramos – 8. Ed. São Paulo: Atlas, 1990

TIWARI, K.V., SHARMA, S.K. The Impact of Productivity Improvement Approach Using Lean Tools in an Automotive Industry. **Process Integr Optim Sustain**, 2022.

WOMACK, J. P. & JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4a Edição. Rio de Janeiro, 1998