

MELHORIA DE LAYOUT UTILIZANDO A METODOLOGIA SLP: UMA PESQUISA-AÇÃO

PROPOSAL FOR IMPROVEMENT LAYOUT USING THE SLP METHODOLOGY: AN ACTION RESEARCH

Laura Luiza Alves Claudino

Nicolle Christine Sotsek Ramos

Resumo

A escolha de um bom layout surge como solução da busca por eficiência e produtividade em uma organização. Este trabalho tem como objetivo analisar o layout atual de uma linha de produção de uma empresa do ramo automotivo e propor um novo cenário que solucione as principais deficiências encontradas, maximizando sua produtividade e eliminando desperdícios de movimentação. É tratado como uma pesquisa-ação, pois desenvolve melhorias e tem como participante principal um dos autores do artigo. A metodologia utilizada apresenta caráter qualitativo e quantitativo, obtendo dados através das ferramentas utilizadas com o auxílio do método SLP. Como resultado destaca-se a importância do planejamento para a modificação do layout visto que a proposta apresentada atinge o objetivo da empresa. A proposta foi projetada para utilizar todo o espaço disponível, mantendo as operações mais próximas conforme suas dependências, proporcionando um fluxo mais eficiente e reduzindo as movimentações desnecessárias de material. Essa proposta facilita a movimentação do produto dentro do ciclo, reduzindo a circulação interna das peças em montagem pelos operadores e assim aumentando a produção diária, principalmente da operação de solda que é a operação mais crítica em relação a desperdício de movimentação, a qual obteve um acréscimo de 14% na produção de peças por hora.

Palavras-chave: layout, produtividade, fluxo, SLP.

Abstract

Choosing a good layout emerges as a solution to the search for efficiency and productivity in an organization. This work aims to analyze the current layout of a production line of an automotive company and propose a new scenario that solves the deficiencies found, maximizing its productivity and eliminating movement waste. This work is treated as an action research, as it develops improvements and has the

researcher as a participant. The methodology used has a qualitative and quantitative character, obtaining data through the tools used with the aid of the SLP method. As a result, the importance of planning for the modification of the layout is highlighted, since the proposal presented reaches the company's objective. The proposal was designed to use all available space, keeping operations closer according to their dependencies, providing a more efficient flow and reducing unnecessary material movements. This proposal facilitates the movement of the product within the cycle, reducing the internal circulation of the parts being assembled by the operators and thus increasing the daily production, mainly in the welding operation, which is the most critical operation in relation to waste of movement, in which it obtained a 14% increase in the production of parts per hour.

Keywords: layout, productivity, flow, SLP.

1. Introdução

Diante do mercado competitivo, as organizações estão sempre em busca de melhorias tanto para seus produtos quanto para seus processos. Dentre todas as oportunidades de melhorias em uma organização, o layout é o que traz maior impacto tanto em custos e investimentos quanto na eficiência operacional. (ROSA, CRACO, REIS, NODARI, 2014)

Apesar de ser um grande desafio, um layout bem estudado e definido traz diversos benefícios para a organização, dentre eles uma maior produtividade, redução de desperdícios de tempo e de atividades que não agregam valor ao produto. Sendo assim, um bom layout tem se tornado um objetivo para se alcançar o máximo desempenho de operadores e atividades. (SANTOS, FILHO, 2019)

De acordo com estudos do SEBRAE (2019), um layout inapropriado pode gerar cerca de 30% de desperdício no tempo de produção com transporte de produtos e materiais. Além disso, falhas em um projeto de layout podem também gerar atrasos na produção, acarretando assim falta de produto no cliente. (ROSA, CRACO, REIS, NODARI, 2014)

Com o objetivo de estruturar o planejamento de um novo layout, o método SLP (Systematic Layout Planning) auxilia na tomada de decisão das alternativas propostas usando como base o nível de relação entre departamentos e/ou operações para que as atividades fluam de forma eficiente. (TORTORELLA, FOGLIATTO, 2008)

A organização estudada para o desenvolvimento deste trabalho é do ramo automotivo e tem diversas linhas de montagem, sendo cada uma específica para cada cliente. A proposta de um novo layout apresentada foi desenvolvida na linha de produção que possui o maior número de máquinas e modelos diferentes de peças produzidas em relação às outras linhas, além de ter o maior número de operadores trabalhando na produção. A demanda é volumosa, tanto de modelos diferentes como de quantidade de peças por dia, e o espaço afastado entre algumas operações sucessivas acaba gerando movimentações desnecessárias dos operadores com o produto. Sendo assim a produtividade acaba não sendo a esperada e por isso, o planejamento de um novo layout é imprescindível para a otimização do fluxo interno da linha de produção em estudo.

Com base nessas informações, o objetivo desse trabalho é analisar o atual layout de uma linha de montagem buscando entender seus maiores desperdícios e assim elaborar um novo cenário com a finalidade de maximizar a sua produtividade, utilizando o SLP como ferramenta de apoio.

O trabalho foi dividido em 6 seções. A primeira seção é introdutória, buscando inserir o assunto para o andamento do trabalho. A seção dois traz uma revisão bibliográfica abordando o tema e seus principais tópicos. Logo após, a seção três apresenta a metodologia adotada no desenvolvimento e na seguinte são expostos os resultados da pesquisa. Para finalizar, a seção cinco compreende uma análise crítica dos resultados com relação ao que foi apresentado no referencial teórico e a seção seis apresenta uma breve conclusão com o destaque dos resultados.

2. Referencial Teórico

O layout, também conhecido como arranjo físico, é a disposição do maquinário, materiais e outros recursos produtivos em um determinado local dentro da empresa ou da organização para que possa existir um fluxo produtivo. (FERNANDES, STRAPAZZON, CARVALHO, 2013). Para isso, é levado em conta alguns fatores como o produto a ser produzido, suas quantidades, o fluxo de operação e o tempo de produção. (FERNANDES, STRAPAZZON, CARVALHO, 2013).

Para Santos e Filho (2019) o arranjo físico não é apenas a estética do local, é a modificação física dos recursos de transformação (maquinário, materiais, operadores) que tem como consequência as mudanças nos fluxos dentro do processo para que atenda as necessidades competitivas da organização, trazendo assim um melhor desempenho

em diversos setores. Além disso, o layout proporciona a melhoria da ergonomia e a satisfação dos trabalhadores do ambiente. (SANTOS, FILHO, 2019)

Com o layout bem definido é possível que os recursos e mão de obra sejam melhor utilizados dentro das operações da linha de produção. A organização e a qualidade dos produtos a serem produzidos também pertencem ao projeto de um bom layout. (FERNANDES, STRAPAZZON, CARVALHO, 2013).

Para Santos e Filho (2019) o layout proporciona uma melhor visibilidade do processo produtivo e se elaborado da forma correta impacta diretamente na eficácia e eficiência dos fluxos. Para os autores, dentre as vantagens de um bom layout, pode-se citar:

- Redução de custos
- Melhoria do espaço
- Melhoria na segurança do ambiente
- Otimização do fluxo operacional e de pessoas
- Aumento da produtividade
- Evolução e melhoria do desempenho dos operadores

Porém, para se obter esses benefícios, o planejamento do layout passa por diversos desafios até chegar na proposta do cenário mais adequado. As dificuldades encontradas estão principalmente relacionadas ao custo elevado de implementação e ao tempo de planejamento, pois podem existir processos mais complicados e modificação de toda ou da maior parte dos equipamentos. (GENNARO, OLIVEIRA, OLIVEIRA, SILVA, 2019)

2.2 Tipos de Layout

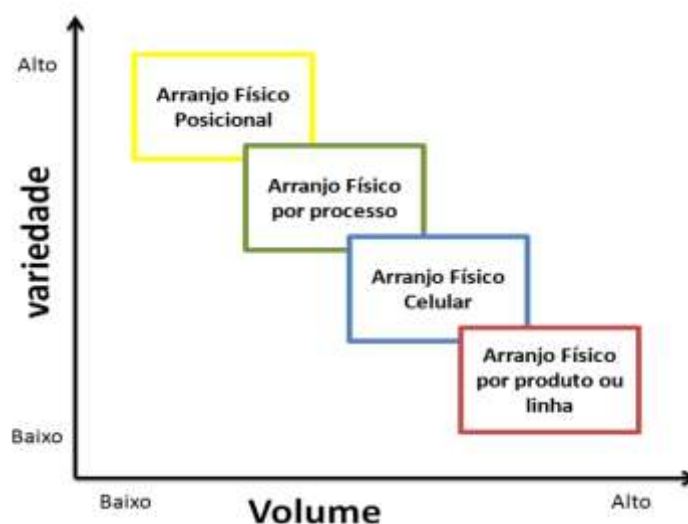
Primeiramente, para se obter um layout bem definido e planejado, é necessário que se entenda e conheça o produto que está sendo fabricado, quais os recursos a serem utilizados e quais as operações a serem executadas. Além disso, é possível que seja levado em consideração a quantidade de peças necessárias, o número de funcionários disponíveis e a quantidade de máquinas utilizadas para cada produto. Com todos esses recursos definidos, é possível determinar qual o melhor tipo de layout da organização ou da linha de produção. (FERNANDES, STRAPAZZON, CARVALHO).

Segundo Santos e Filho (2019) existem quatro tipos de layout e qualquer layout inicial se baseia em um destes. São eles: por processo, por produto, fixo e celular. Esses tipos são classificados conforme suas características como a grande variedade de

processos e produtos, demanda e outras necessidades. Para uma boa execução do planejamento, é essencial que seja escolhido o tipo adequado do layout segundo as propriedades de seu processo, sendo esse um fator determinante para atingir o objetivo da empresa. (GENNARO, OLIVEIRA, OLIVEIRA, SILVA, 2019)

A Figura 1 a seguir mostra o modelo desenvolvido que interliga as principais características com cada tipo de layout.

Figura 1 - Tipos de layout



Fonte: GENNARO, OLIVEIRA, OLIVEIRA, SILVA, 2019

2.2.1 Layout por processo/funcional

Pode ser chamado também de layout funcional e pode ser encontrado em confecções, farmácias e prestadores de serviço. São indicados para a processos com produtos não padronizados e demanda baixa. (MEICHEIM, 2018)

Nesse tipo de layout, todos os processos e equipamentos com a mesma função são colocados juntos, assim como as operações e montagens também são agrupadas. (SANTOS, FILHO, 2019). Por conta disso, esse tipo de layout ganha produtividade por consequência da semelhança dos equipamentos e processos. (MEICHEIM, 2018)

É um arranjo flexível que se adequa às mudanças no mercado e nele o material se movimenta pelo processo. Esse tipo de layout é aplicável para volumes de produção baixo e grande variedade de produtos e serviços. (SANTOS, FILHO, 2019). A facilidade no treinamento e a fácil supervisão dos equipamentos estão entre as vantagens desse tipo de layout. Para as desvantagens o maior estoque em processo e o

maior número de setup são as principais. (ROSA, CRACO, REIS, NODARI, 2014). Além disso, destaca-se a grande distância percorrida do produto dentro do processo e a importância de um espaço físico adequado por conta do transporte de materiais e do estoque. (MEICHEIM, 2018)

Para contribuir com o planejamento desse tipo de layout, uma técnica muito utilizada é o método SLP (Systematic Layout Planning). Para isso, existem diversas ferramentas que podem ser empregadas com o objetivo de auxiliar na condução do novo layout, como a Curva ABC, o diagrama de processos, a carta multiprocesso, o mapofluxograma ou diagrama de spaghetti e o diagrama de relacionamento. (NEUMANN, SCALICE, 2015)

2.2.2 Layout por produto

No layout por produto, os processos, máquinas e equipamentos são dispostos em forma sequencial lógica em que devem ser realizados. É mais indicado para produções sem diversidade de produtos e em grande quantidade. Não é um layout flexível e se caracteriza por ter apenas uma entrada e uma saída. Esse tipo de arranjo possui um fluxo rápido e produção de produtos padronizados. Além disso, por conta da invariabilidade do processo pode ser gerado LER (Lesão por esforço repetitivo) e estresse nos operadores. (SANTOS, FILHO, 2019). Baixa quantidade de estoque e movimentação adequada de materiais estão entre as vantagens desse tipo de layout. Já nas desvantagens está a alta dependência entre as atividades. (ROSA, CRACO, REIS, NODARI, 2014). Além disso, o custo em investimentos é alto nesse tipo de arranjo, pois geralmente é necessário um maquinário específico e com alto grau de automatização. (MEINCHEIM, 2018)

Esse tipo de layout também pode ser chamado de arranjo físico em fluxo ou em linha, mas não é obrigatório que esse tipo seja estruturado em linha reta, pode ser também organizado em formato de “U” ou “S”. É comum ser aplicado em indústrias de automóveis, restaurantes self service e fábricas de papel. (MEINCHEIM, 2018)

O balanceamento de linha é uma ferramenta muito utilizada para esse tipo de layout, na qual tem como objetivo otimizar o tempo das operações, dividindo-as em estações de trabalho buscando equilibrá-las. Para atingir o objetivo, a ferramenta segue quatro etapas que devem ser calculadas: tempo de ciclo, capacidade de produção, número de estações de trabalho e eficiência do balanceamento. (NEUMANN, SCALICE, 2015)

2.2.3 Layout Fixo

Pode ser chamado também de layout posicional e é o oposto do layout por produto. É indicado para produção de produtos únicos, como por exemplo fabricação de rodovias, usinas, construção de edifícios e fabricação de aviões (MEICHEIM, 2018)

No Layout fixo os recursos de transformação se deslocam até o produto a ser transformado. Ou seja, quem está sendo processado fica parado enquanto os recursos transformadores executam as tarefas necessárias. (SANTOS, FILHO, 2019). A flexibilidade alta dos produtos está entre as principais vantagens desse layout e como maior desvantagem pode-se citar a possível exigência da movimentação de máquinas e equipamentos. (ROSA, CRACO, REIS, NODARI, 2014)

Para a escolha desse tipo de layout é necessário apenas identificar o produto a ser fabricado, pois a fabricação de um avião por exemplo, impossibilita que o produto seja deslocado entre o processo, fazendo com os transformadores se dirijam a ele. (MEICHEIM, 2018)

A técnica mais utilizada para esse tipo de layout é o PERT-CPM (Program evaluation and review technique/ critical path method), que se embasa nos conceitos de caminho crítico, folga e prazo esperado. É utilizado o diagrama de rede, um gráfico no qual as operações são representadas por círculos e entre elas é estabelecido tempos da duração da realização entre cada atividade, calculando assim o tempo total. (NEUMANN, SCALICE, 2015)

2.2.4 Layout celular

Esse tipo de layout geralmente é aplicado em hospitais, mercados e outros comércios. (MEICHEIM, 2018). Baseia-se em dispor as máquinas, equipamentos e processos em um só local. Nesse tipo de layout, o material passa por todos os processos, do início ao fim, se movimentando dentro da célula. Nele é possível produzir diversos produtos diferentes com características semelhantes. (SANTOS, FILHO, 2019). Nesse tipo de layout, os operadores possuem um grande conhecimento e habilidades durante as operações, sendo este um ponto de vantagem competitiva entre os tipos de layout. (MEICHEIM, 2018)

Entre as outras diversas vantagens desse tipo de layout está o equilíbrio entre o custo e flexibilidade e uma maior facilidade no planejamento. Além destas, destaca-se o aumento da qualidade, pois em cada posto de trabalho ocorre uma inspeção visual

quando o operador desloca o produto para a outra operação. (MEICHEIM, 2018) Como desvantagem podemos citar a dificuldade de adaptação por parte dos operadores por conta da alta variedade de produtos. (ROSA, CRACO, REIS, NODARI, 2014).

Para esse tipo de layout, uma ferramenta recomendada é a Tecnologia de Grupos, na qual busca analisar, identificar e relacionar a similaridade dos produtos para posteriormente agrupá-las de acordo com suas funções. (NEUMANN, SCALICE, 2015)

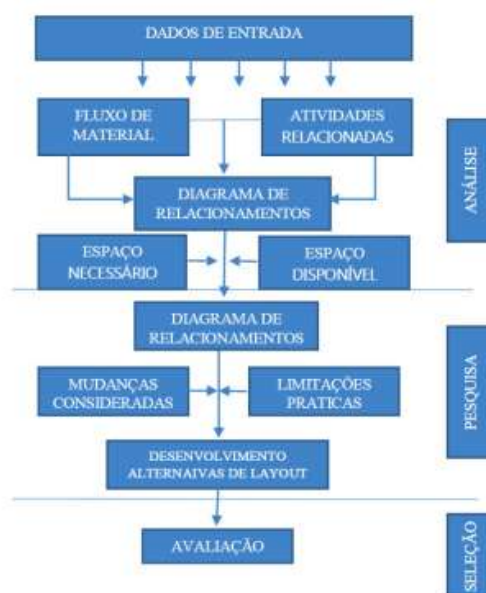
2.3 O método SLP

A metodologia SLP (Systematic Layout Planning) é utilizada para auxiliar no planejamento do arranjo físico. O SLP é estruturado em quatro fases e permite a visualização da dependência de certas atividades, servindo de apoio para a tomada de decisão de um novo layout. Ele deve se iniciar analisando primeiramente o produto, sua qualidade, as movimentações e o tempo disposto. (CORREA, VOLANTE, 2019)

A primeira fase é a de localização, na qual deve-se identificar e estabelecer a área a ser aproveitada para a implementação do novo layout. Na fase 2 é necessário determinar os fluxos e a relação que cada área tem entre si, definindo suas posições relativas. Na terceira fase é estabelecido a localização de máquinas e equipamentos indispensáveis para a produção, além dos outros recursos utilizados para a produção. A quarta e última fase está relacionada com a implementação do planejado. A partir disso, a metodologia SLP é um procedimento que auxilia na decisão dentre as possibilidades de mudança no arranjo físico, identificando qual opção atende as necessidades da empresa. (CORRÊA, VOLANTE, 2019)

Na Figura 2, é possível visualizar o fluxo do método SLP.

Figura 2 - Método SLP



Fonte: Turati e Filho, 2016

A metodologia do SLP possui apoio de algumas ferramentas como o fluxograma e o Diagrama de Relacionamento para auxiliar no conhecimento do processo produtivo e no planejamento do novo layout em si. No diagrama é mostrado o grau de importância da proximidade entre cada operação, comparando a área, a relevância e as características respectivas. Ele é representado por uma matriz triangular que indica as relações e utiliza letras de acordo com os critérios avaliados (proximidade, distâncias, grau de conveniência). Com isso, é possível comprovar a necessidade da organização para uma modificação do arranjo físico. (CORREA, VOLANTE, 2019)

Os critérios de proximidade são avaliados da seguinte forma:

Tabela 1 - Critérios de Proximidade

A	Extremamente importante
E	Muito Importante
I	Importante
O	Normal
U	Sem importância
X	Não desejável

Fonte: Muther (1978)

3.Procedimentos Metodológicos

3.1 Objeto de estudo

O presente trabalho foi realizado em uma empresa multinacional do ramo automotivo, fundada na Alemanha, que possui três plantas no Brasil. O estudo foi desenvolvido na planta localizada na cidade de São José dos Pinhais, no estado do Paraná. A empresa, designada de Empresa X, possui grandes clientes automotivos e tem como principais produtos componentes mecatrônicos para veículos de pequeno e grande porte, como levantadores de vidro, módulos de arrefecimento e ajustadores de banco.

3.2 Objetivo

O objetivo dessa pesquisa é analisar o arranjo físico atual da maior linha de produção denominada como linha Y, em espaço físico e maquinário, da Empresa X, e assim propor um novo layout com a finalidade de atingir uma maior produtividade reduzindo os desperdícios de movimentação de material. Para isso, foi utilizado o método SLP (Systematic Layout Planning) no auxílio de todo o planejamento.

3.3 Método de pesquisa

Esse artigo pode ser definido como uma pesquisa-ação, na qual de acordo com Tripp (2005) é um estudo de uma situação que possui foco em melhorias feitas através de investigações teóricas e ações práticas dentro do contexto abordado, abrangendo todo o planejamento e a avaliação dessas melhorias. Segundo Gil (2002) a pesquisa-ação tem o envolvimento do pesquisador para a resolução do problema, podendo ser de modo cooperativo ou participativo.

O trabalho em estudo tem caráter qualitativo e quantitativo. A necessidade do entendimento do fluxo do processo da linha de produção e a percepção de um todo dos colaboradores, torna a pesquisa qualitativa. Possui caráter quantitativo por verificar e analisar dados referentes ao processo em si, como as cronometragens das operações, indicadores de produtividade e performance dos operadores, nível de qualidade e volume de produção, por exemplo.

Para alcançar o objetivo, o trabalho foi dividido em duas grandes fases. A primeira com ênfase em estudos bibliográficos para o melhor entendimento sobre os conceitos de layout e o método SLP. A segunda fase foi desenvolvida pelas etapas do

método SLP e suas ferramentas. As etapas serão estabelecidas para melhor identificar o planejamento e o desenvolvimento do projeto. Elas podem ser melhor visualizadas pelo fluxograma representado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Os autores

As etapas do planejamento, com o auxílio do método SLP, são detalhadas da seguinte forma:

A primeira etapa se refere ao entendimento do fluxo do processo da linha de produção em estudo, para então, identificar o problema de maior impacto na produtividade e os grandes desperdícios que ocorrem nas movimentações. Essa etapa foi feita a partir da observação propriamente dita dentro da linha de produção, acompanhando todo o processo do início ao fim, durante alguns dias. A conversa com os operadores também auxiliou na detecção de uma melhor ergonomia e outros benefícios que a mudança do layout acarretaria.

A segunda etapa trata da coleta de dados e levantamento de informações para que seja feita a análise do fluxo do produto e da organização das operações da linha em questão. Uma das ferramentas desenvolvidas com essas informações é o Diagrama de Relacionamento (onde é representado o nível de proximidade entre uma operação e outra). Nesta etapa também foi criada uma cronoanálise a partir da tomada de tempos das atividades cíclicas e acíclicas das operações da linha em estudo. As atividades cíclicas são aquelas repetidas durante o ciclo do processo e que são fundamentais para

que o fluxo de produção aconteça, como por exemplo o aperto de um parafuso em uma peça que está sendo produzida. Já as atividades acíclicas são que não acontecem a cada ciclo e são consideradas como suporte da produção, como preenchimento de registros, abastecimento de materiais e setup (NITO, 2010). Assim foi possível identificar as atividades que causam maiores desperdícios de tempo dentro da produção. Além disso, foram verificados os principais indicadores da linha Y, como o de Produtividade, Performance e Qualidade com o objetivo de analisar o desempenho da linha atualmente e assim ter uma visão mais estratégica para possíveis melhorias.

Na próxima etapa foi feita a análise dos dados coletados. A partir da cronoanálise feita, o tempo das atividades foram identificados como Valor Agregado (VA), Não Agrega Valor (NVA) e Valor Requerido (R) que são as atividades que não agregam valor ao produto, mas que são necessárias ao processo. Com esses tempos e com o valor do Takt Time definido foi possível criar o gráfico Yamazumi, usado para representar os tempos de ciclo do processo e orientar a equipe na visualização de qual operação o tempo está sendo mais desperdiçado e qual operação não consegue alcançar o tempo necessário para atingir a demanda.

A partir dessa análise e das ferramentas utilizadas para o estudo foram feitas diversas reuniões com time de Engenharia de Processos e de Planejamento da Qualidade da Empresa X com o objetivo de discutir a estratégia operacional e propor um novo arranjo físico para a linha de produção. Nessas reuniões foram analisados todos os possíveis cenários e quais seriam suas respectivas dificuldades, tanto de implementação quanto durante o processo de produção, buscando sempre utilizar o espaço físico de forma eficiente e sem haver alteração de qualidade no produto para o cliente. Essa etapa levou em consideração todos os dados analisados durante o planejamento, principalmente aspectos como espaço, tempo de ciclo e o manuseio dos materiais, para assim chegar na proposta mais adequada para arranjo físico.

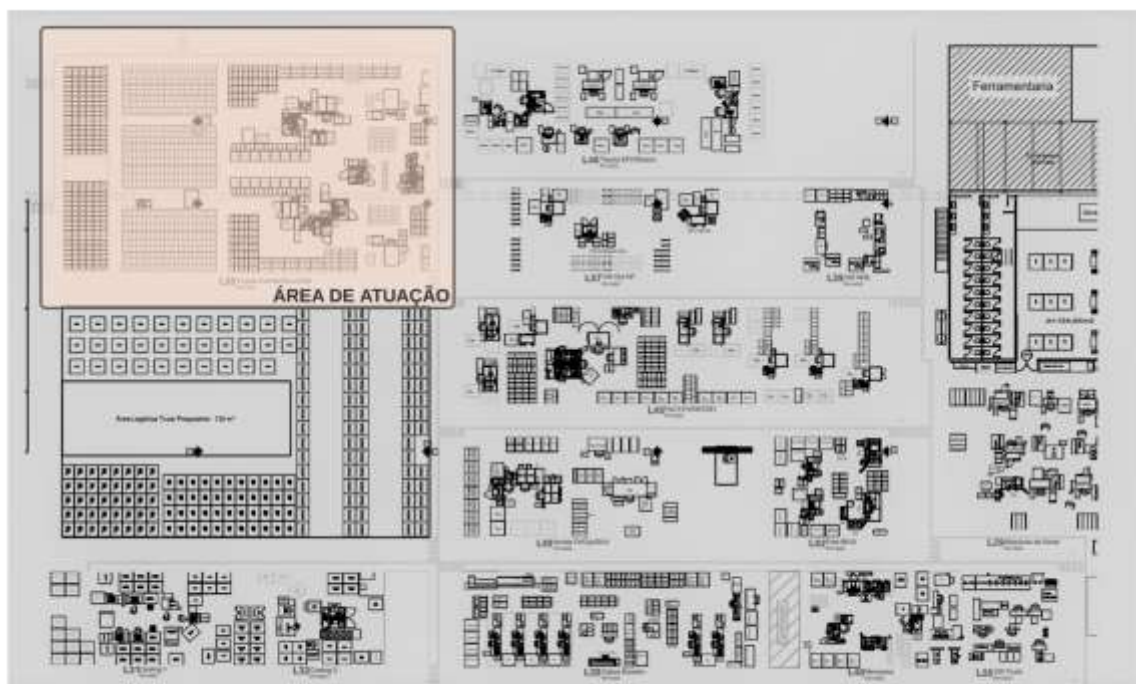
4.Resultados

4.1 Entendimento da problemática

A Empresa X possui sede na cidade de São José dos Pinhais-PR e possui outras duas plantas no Brasil, uma em Jarinu-SP e outra em Goiana-PE. A indústria produz 4 produtos diferentes (módulo de arrefecimento, levantadores de vidro, ajustadores de banco e cabos de aço) na planta do Paraná e fornece os produtos nacionalmente e internacionalmente para 8 clientes de grande porte.

A área analisada para estudo foi denominada como Linha Y e é uma linha de produção de levantadores de vidros. Essa linha foi escolhida pois possui a maior área e o maior maquinário dentre todas da fábrica, produzindo para o maior cliente da empresa e por consequência possui o maior volume de produção e de vendas. As operações dessa linha são em geral realizadas manualmente, sem grandes níveis de automação. Além disso, recentemente foi implementado um novo projeto de um novo modelo de levantador de vidro para a linha Y que acabou ocasionando uma maior demanda de produção. Com esse novo projeto, são produzidos no total levantadores de vidro para 4 carros diferentes (todos possuem modelo dianteiro e traseiro). A Figura 4 demonstra a área demarcada em relação a fábrica toda.

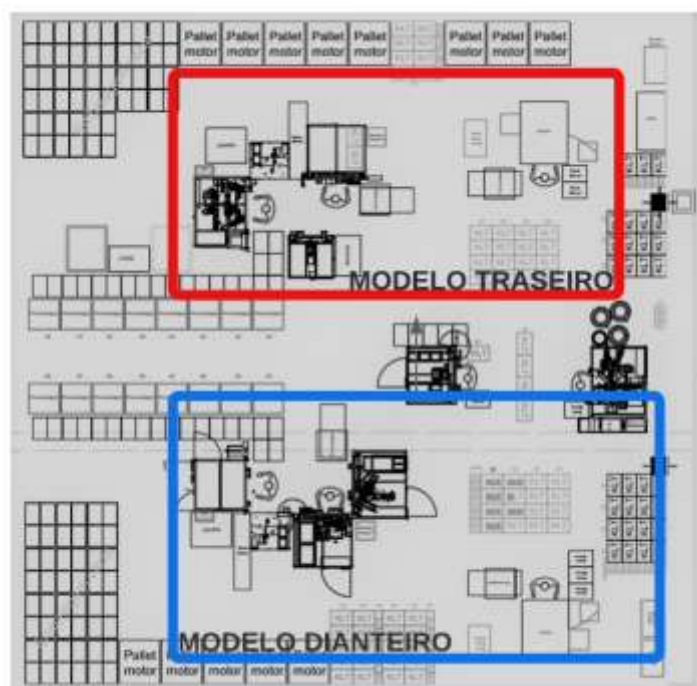
Figura 4 - Área de atuação



Fonte: Os autores

Essa linha de montagem produz durante dois turnos, sendo aproximadamente 16 horas por dia, com no máximo 8 operadores por turno, variando conforme a demanda dos modelos a serem produzidos no dia. As operações são divididas entre os modelos dianteiros e traseiros. As máquinas são separadas para a pré-montagem do produto e as máquinas de montagem final do produto são agrupadas. A Figura 5 destaca a separação da linha de acordo com os modelos produzidos.

Figura 5 - Layout atual



Fonte: Os autores

Através da observação direta dos processos e em conversa com os operadores, foi constatado um grande desperdício de movimentação entre algumas operações, tanto do lado do modelo dianteiro quanto do modelo traseiro, pois existe uma grande distância entre esses postos sucessivos e também há dificuldade no deslocamento.

As primeiras operações têm as suas próprias áreas, ocupando um espaço maior e havendo movimentação com o transporte do produto para as etapas sucessivas, ocasionado pela má adequação do arranjo físico. No caso da Linha Y, a produção de uma das operações críticas fica paralisada para que o operador faça o deslocamento de um mobil cheio de peças até a próxima operação. Nesse deslocamento o operador utiliza uma paleteira levando o mobil até o próximo posto e retorna com um mobil vazio, levando aproximadamente 2 minutos para essa atividade.

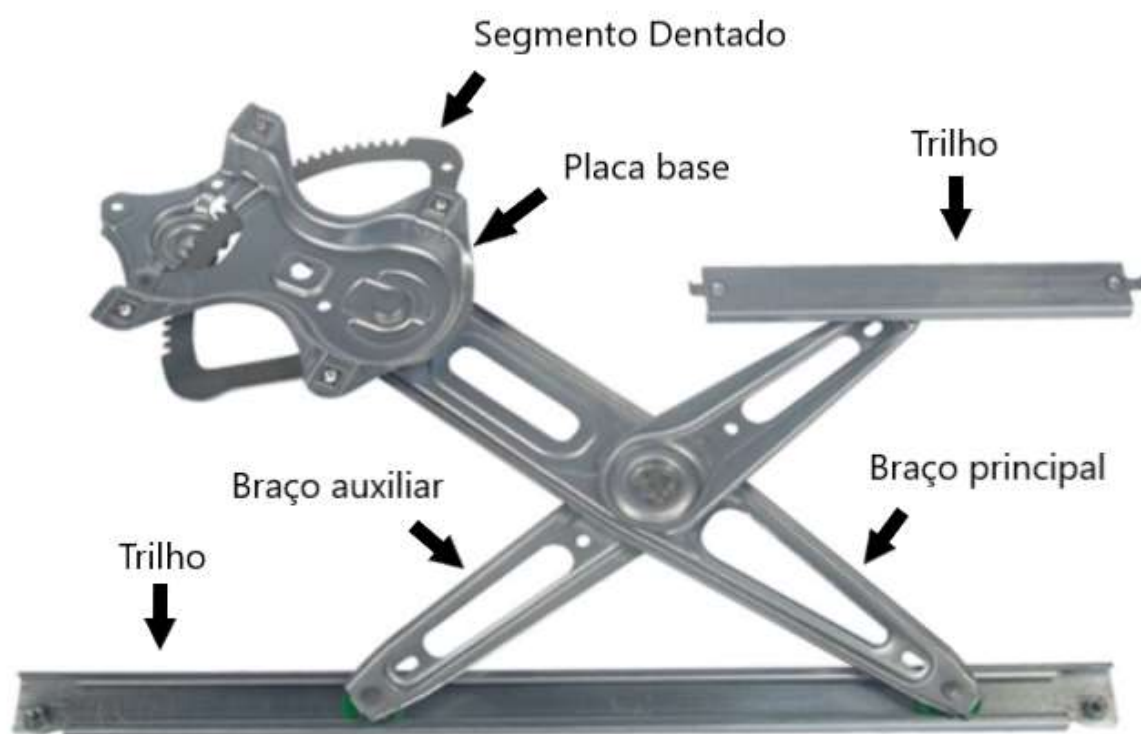
4.2 Aplicação do SLP

O método SLP é utilizado neste planejamento a fim de auxiliar na solução das dificuldades identificadas com a sugestão de um novo cenário, propondo o aumento da

produtividade e redução de desperdícios na movimentação, assim diminuindo as perdas e elevando o desempenho. A partir das fases do SLP, pode-se identificar a área de melhoria com base nas ferramentas utilizadas de coleta e análise de dados.

Primeiramente, foram analisados os modelos de cada produto e seus componentes. A seguir, na Figura 6, pode-se exemplificar cada componente do modelo Dianteiro que é produzido na Linha Y.

Figura 6 - Modelo Dianteiro



Fonte: Ecorepair

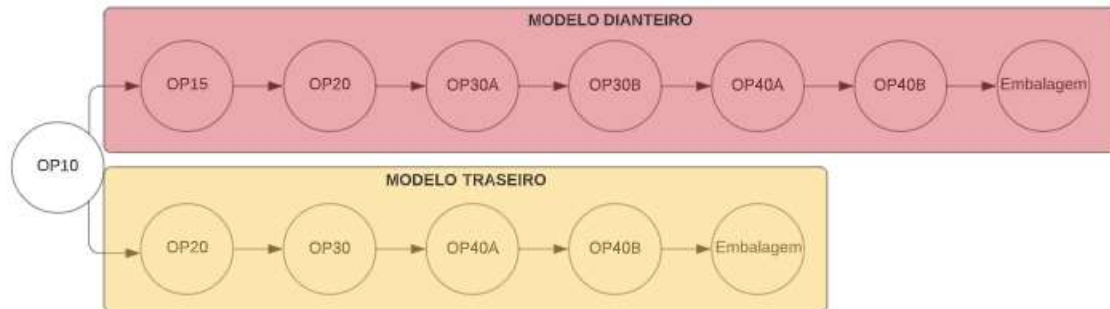
Para o modelo Traseiro, o produto não possui os componentes braços auxiliares e os trilhos, ele é composto apenas pelo braço principal, segmento dentado e placa base. Os produtos também possuem motor, conforme seus modelos, que podem ser elétricos ou eletrônicos.

4.2.1 Análise da área e do fluxo

A localização da área é a primeira fase do SLP, na qual é identificado e analisado onde será elaborado o novo arranjo físico. Com a designação do local, foi estabelecida

a sua área e seus fluxos. As operações da linha Y são divididas entre pré-montagem e montagem final e estão detalhadamente descritas a seguir na Figura 7:

Figura 7 - Fluxo das operações



Fonte: Os autores

OP10 - Rebitagem do braço auxiliar/principal: nesta operação uma polia é rebitada no componente correspondente ao modelo que está sendo produzido. A única função do operador é colocar o componente na máquina, pois o conjunto rebite+polia é inserido na máquina automaticamente.

OP15 - Cravação da porca: essa etapa é exclusiva para o modelo dianteiro, pois para esse produto são necessários alguns componentes a mais comparados com o modelo traseiro. Aqui os trilhos são cravados com o componente da operação anterior.

OP20 - Solda: o componente já rebitado (e/ou cravado para os modelos dianteiros) é soldado com outros elementos. Nessa operação o produto passa a se chamar subconjunto soldado. É a operação mais crítica da linha de produção.

As operações a seguir são semelhantes em questão de processo, porém são feitas em máquinas diferentes pois o produto é distinto para cada modelo (dianteiro e traseiro). No modelo traseiro o processo de engraxamento e rebitagem pode ser feito em uma máquina apenas, já no modelo dianteiro as operações precisam ser desmembradas.

OP30 - Engraxamento do segmento dentado e rebitagem da placa base

OP30A - Engraxamento do segmento dentado

OP30B - Rebitagem da placa base

OP40A - Parafusamento do motor: essa operação corresponde tanto ao modelo dianteiro quanto ao traseiro, no qual o subconjunto rebitado e engraxado é parafusado junto ao motor.

OP40B - Teste final: essa é a última operação antes de ser embalado. É nela que o produto será testado antes do envio ao cliente.

Embalagem: Após garantir que o produto está em bom funcionamento o produto é colocado em embalagens pequenas (6 a 8 peças por caixa, dependendo do modelo produzido) e levado para a expedição.

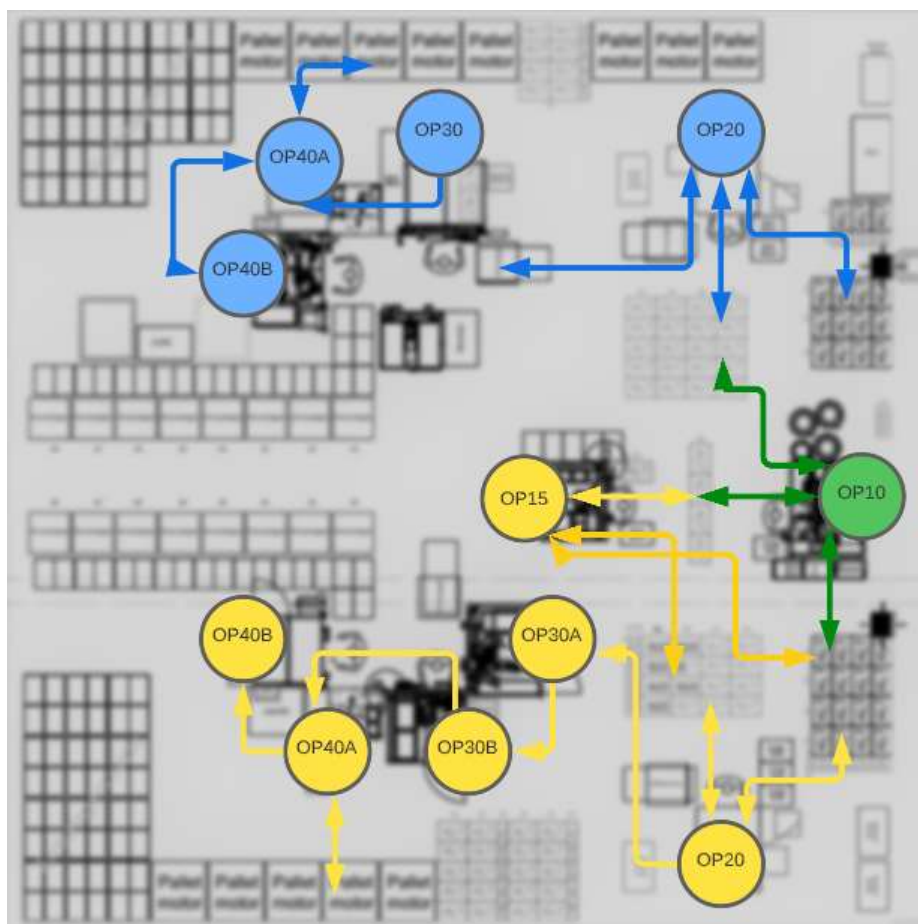
As operações 10, 15 e 20 são consideradas operações de pré-montagem. Já as operações 30, 30A, 30B, 40A e 40B são operações de montagem final do produto.

Com a definição da linha de produção que seria estudada e modificada, pôde-se construir o Diagrama de Espaguete com fluxo básico de movimentações de cada operador levando em consideração os deslocamentos que os operadores realizam com o produto entre cada operação e o abastecimento de componentes. Segundo Casetta e Casetta (2016) o Diagrama de Espaguete é uma ferramenta na qual pode-se visualizar os caminhos que o operador realiza ao longo do fluxo, podendo identificar as movimentações desnecessárias.

Entre as operações de pré-montagem e montagem final existem prateleiras de componentes que são abastecidos pelos próprios operadores de pré-montagem para gerarem estoque. Todas essas movimentações são feitas manualmente. Para a OP10 os operadores utilizam um carrinho como apoio para suportar as caixas e movimentá-la para a prateleira de estoque. Já para operação de solda (OP20) é utilizada uma paleteira para os componentes soldados se deslocarem até a próxima operação, pois nessa etapa o produto é colocado em um mobil.

A Figura 8 a seguir demonstra o layout atual da linha em estudo, distinguindo cada fluxo do produto por cores. A cor amarela representa o fluxo dos componentes para o modelo dianteiro e a cor azul representa o fluxo dos componentes para o modelo traseiro. O fluxo em verde representa as movimentações de uma operação de pré-montagem, na qual produz para os dois modelos, diferenciando apenas os componentes.

Figura 8 - Spaghetti Chart

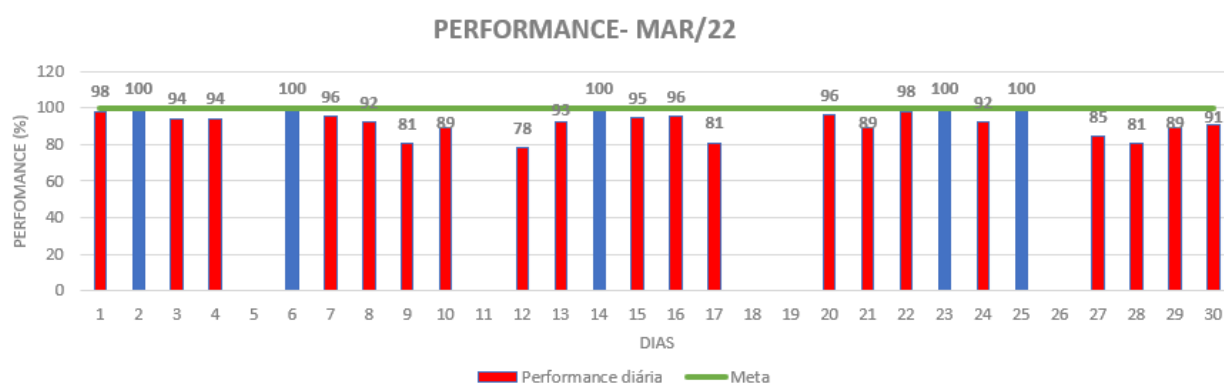


Fonte: Os autores

4.2.2 Coleta de dados

Para melhor entendimento da problemática da linha de produção Y, foram analisados os indicadores de desempenho nos últimos 12 meses, são eles: RFT, Performance e Taxa de Atendimento. O RFT (Right First Time) é um indicador da qualidade do produto, nele podemos verificar a porcentagem de peças de produto acabado que estavam de acordo com o especificado e assim, puderam ser enviadas ao cliente. O indicador de Performance mostra a porcentagem da média atingida pelos operadores, tanto do primeiro quanto do segundo turno, ou seja, cada operação possui uma meta de peças a produzir. Já o gráfico da Taxa de Atendimento é o que mostra a relação de peças produzidas com a demanda diária, essa meta pode mudar conforme as necessidades do cliente. Esses indicadores auxiliaram na identificação da baixa produtividade da Linha Y. Nas Figuras 9, 10 e 11 a seguir podemos verificar os indicadores referente ao mês de Março do ano de 2022:

Figura 9 - Indicador de Performance

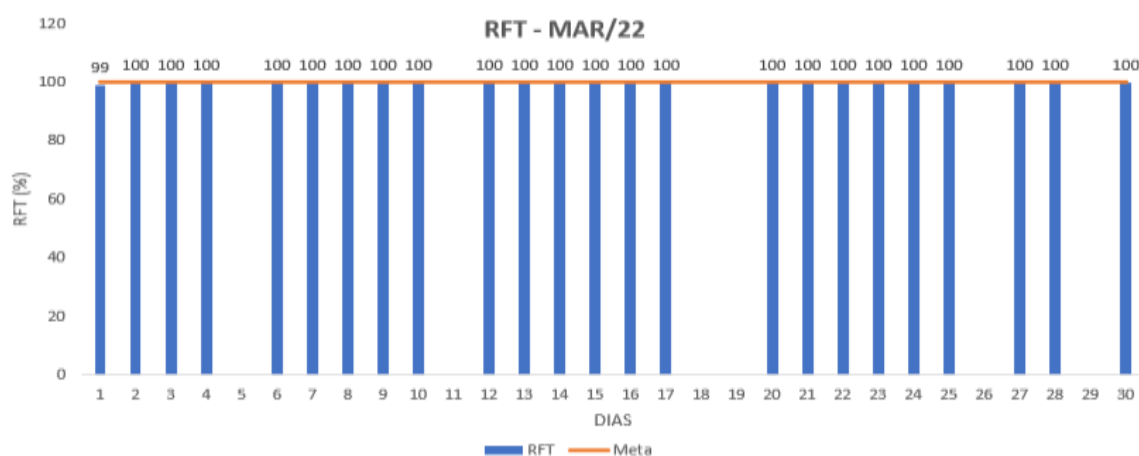


Fonte: Dados da empresa

Cada operador possui uma meta por hora de peças a serem produzidas na operação em que ele está executando. Sendo assim, este indicador funciona da seguinte forma: é a média da meta atingida por cada operador em cada operação, nos dois turnos. De acordo com o indicador de Performance apresentado na Figura 9, pode-se notar que a performance dos operadores é atingida apenas em cinco dias durante todo o mês de Março.

A seguir a Figura 10 apresenta o Indicador de RFT.

Figura 10 - Indicador de RFT



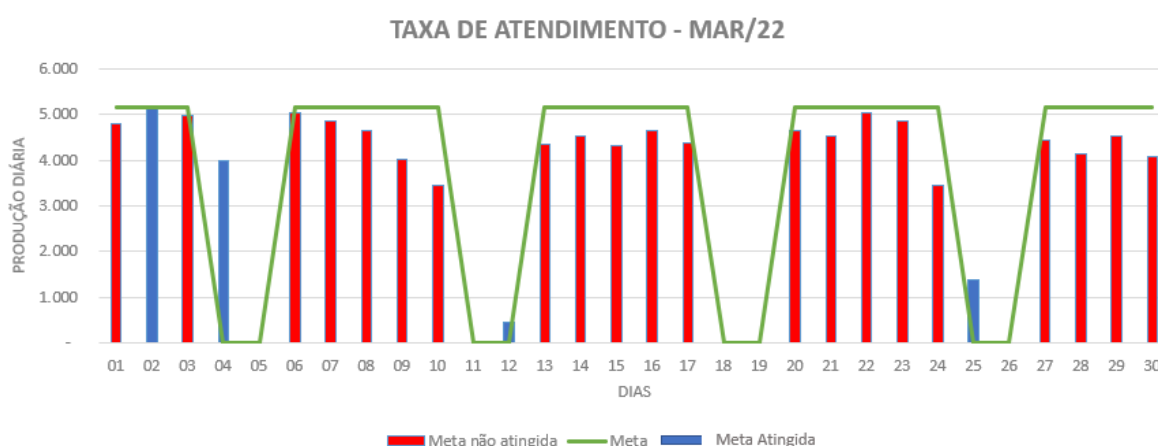
Fonte: Dados da empresa

O indicador de RFT, representa o índice de qualidade das peças produzidas na linha Y. Ou seja, de acordo com o gráfico, apenas no primeiro dia do mês a meta de

100% de qualidade não foi atingida, podendo ter sido consequência de problemas no maquinário ou nos componentes primários vindo dos fornecedores. Esse tipo de situação também causa a improdutividade da linha, pois é necessário um estudo para identificar a causa do problema, sendo este a análise de componentes e do maquinário tendo como consequência a parada de máquina. Em casos da identificação de um produto não conforme apenas nas operações de montagem final, todas as operações devem ser paralisadas até que se identifique o problema.

Na Figura 11 a seguir é mostrado o indicador de Taxa de Atendimento.

Figura 11 - Indicador de Taxa de Atendimento



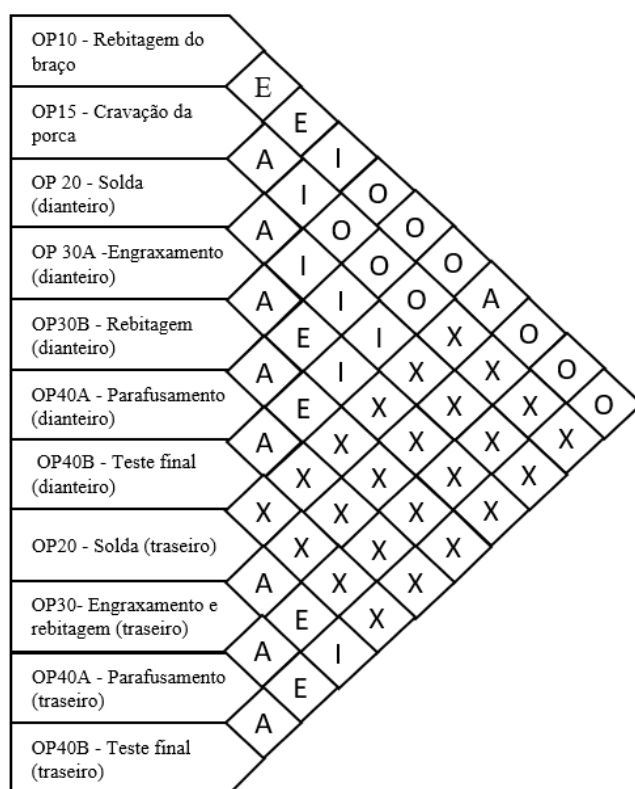
Fonte: Dados da empresa

Na Figura é possível identificar em vermelho os dias em que a meta de produção não foi atingida e em azul os dias em que foi alcançada. A Taxa de Atendimento foi atingida apenas em quatro dias durante o mês, sendo três destes dias em que a jornada foi extra (sábados e/ou domingos), por isso a meta está indicada como sendo zero, pois é apenas para tentar recuperar a produção da semana. Esse indicador é referente a demanda de produção diária vinda do cliente, ou seja, se o cliente solicitou 5000 peças de tal modelo e foram produzidos apenas 4000, a Taxa de Atendimento fica abaixo da meta.

Após a análise desses indicadores, a próxima ferramenta do SLP utilizada foi o Diagrama de Relacionamento, desenvolvida com base nos critérios apresentados na Tabela 1 do Referencial Teórico e as operações foram descritas conforme o fluxo do processo. Essa ferramenta auxiliou posteriormente na análise de cenários, pois com ela

é possível identificar a necessidade e importância da proximidade entre duas ou mais operações. O Diagrama de Relacionamento é demonstrado a seguir na Figura 12.

Figura 12 - Diagrama de Relacionamento



Fonte: Os autores

Com o Diagrama de Relacionamento é possível identificar que as operações sucessivas de cada modelo são classificadas como muito importante (A), ou seja, é de extrema necessidade que as máquinas dessas operações estejam próximas. Para cada par de operação classificada como muito importante (E) o diagrama indica que existe grande importância da proximidade delas, apesar de não serem sucessivas. Para as classificadas como importante (I) deve-se haver uma certa proximidade, apenas por serem do mesmo fluxo de processo. As combinações identificadas como normal (O) não exigem necessariamente uma proximidade, pois não são operações sequenciais. Já as classificadas como não desejável (X) são as operações que não fazem parte do mesmo fluxo, ou seja, são os processos de modelos diferentes do produto. Com essas informações foi possível definir cenários tendo em vista a necessidade da proximidade de cada operação.

Outra ferramenta utilizada foi a Cronoanálise para identificar quais eram as atividades diretamente e indiretamente relacionadas ao produto, para isso foi realizada a tomada de tempos de cada ação. Para essa tomada de tempos, foi estabelecido um padrão de 10 cronometragens por atividade dentro de cada atividade e assim estipulada uma média, tanto das cíclicas quanto das acíclicas. Apesar de praticamente todas as operações possuírem deslocamentos desnecessários, após todas as observações do fluxo foi constatado que a operação da solda é a que mais se perde tempo com movimentações de componentes e produtos. Na Figura 13 a seguir é possível analisar as atividades acíclicas e cíclicas sintetizadas realizadas dentro da operação da solda e seus tempos, do modelo dianteiro.

Figura 13 - Cronoanálise OP20 (atual - dianteiro)

INFORMAÇÕES GERAIS				TEMPO			
ATIVIDADE	Nº	DESCRIÇÃO	Frequência	Agrega Valor	Valor Requerido	Não Agrega Valor	TOTAL
Cíclica	1	Soldagem dos Braços	1	13,1	3,1	0,0	16,2
Acíclica	2	Teste Destrutivo	600	0,0	248,2	0,0	248,2
Acíclica	3	Troca Eletrodo	600	0,0	373,6	204,4	578,0
Acíclica	4	Dispositivo de Controle	600	0,0	102,0	379,2	481,2
Acíclica	5	Caderno de Carbono	600	0,0	272,2	0,0	272,2
Acíclica	6	Transporte para a OP30	300	0,0	0,0	217,0	217,0
Acíclica	7	Retirada de Papelão	15	0,0	0,0	5,4	5,4
Acíclica	8	Limpeza Eletrodo	50	0,0	136,1	0,0	136,1
Acíclica	9	Abastecimento de Segmento	30	0,0	0,0	9,5	9,5
Acíclica	10	Abastecimento Braço Principal	80	0,0	0,0	10,9	10,9
Acíclica	11	Abastecimento de Braço s/ Proj.	25	0,0	0,0	7,2	7,2
Acíclica	12	Abastecimento de Braço c/ Proj.	50	0,0	0,0	7,2	7,2
Tempo Total TM				13,1	1135,1	840,8	1989,0

Fonte: Os autores

A fim de atingir o objetivo, os principais pontos verificados foram as movimentações de abastecimento e de transporte para a próxima operação (destacadas na imagem). Juntas, essas atividades somam um total de 257,2 segundos, ou seja, mais de quatro minutos como atividades que não agregam valor ao produto. Além destas, outras como a troca do eletrodo e o dispositivo de controle também constam como atividades que não agregam valor, porém são tarefas realizadas relacionadas ao maquinário e à qualidade do produto, não de arranjo físico.

Com a cronoanálise definida, pôde-se calcular o tempo necessário de produção por peça conforme a frequência e os tempos cronometrados demonstrados na Figura

13. Essa frequência é em relação ao ciclos de cada atividade, ou seja, a atividade 1 acontece a cada 1 peça e a atividade 2 a cada 600 peças, e assim por diante. Como resultado, obteve-se que a operação de solda do modelo dianteiro produz 1 peça a cada 23 segundos.

Assim como a cronoanálise do modelo dianteiro, a Figura 14 a seguir descreve as atividades cíclicas e acíclicas da operação de solda do modelo traseiro, destacando-se também as atividades das movimentações de abastecimento e de transporte de produtos para a próxima operação.

Figura 14 - Cronoanálise OP20 (atual - traseiro)

OP20 - Solda (Traseiro)							
INFORMAÇÕES GERAIS				TEMPO			
ATIVIDADE	Nº	DESCRIÇÃO	Frequência	Agrega Valor	Valor Requerido	Não Agrega Valor	TOTAL
Cíclica	1	Soldagem dos Braços	1	9,9	0,0	0,0	10,0
Acíclica	2	Teste Destrutivo	600	0,0	248,2	0,0	248,2
Acíclica	3	Troca Eletrodo	600	0,0	373,6	204,4	578,0
Acíclica	4	Dispositivo de Controle	600	0,0	0,0	481,2	481,2
Acíclica	5	Identificação Teste Destrutivo	600	0,0	0,0	169,5	169,5
Acíclica	6	Caderno de Carbono	600	0,0	272,2	0,0	272,2
Acíclica	7	Transporte para a OP30	500	0,0	0,0	116,0	116,0
Acíclica	8	Retirada de Papelão	15	0,0	0,0	5,4	5,4
Acíclica	9	Limpeza Eletrodo	50	0,0	136,1	0,0	136,1
Acíclica	10	Abastecimento de Segmento	30	0,0	0,0	9,5	9,5
Acíclica	11	Abastecimento Braço Principal	80	0,0	0,0	10,9	10,9
Tempo Total TM				9,9	1030,0	996,9	2036,9

Fonte: Os autores

As atividades de movimentação e abastecimento destacadas somam 141,8 segundos, ou seja, aproximadamente 2 minutos e 20 segundos para realizar esses deslocamentos. A atividade “Retirada de Papelão” se refere a atividade em que o operador retira o papelão do suporte do mobil para colocar em cada camada de peças. Isso ocorre para que as peças não fiquem amontoadas e empilhadas podendo afetar na qualidade do produto.

Segundo a cronoanálise, pode-se calcular o tempo por peça conforme a frequência por atividade estabelecida na imagem. Como resultado, a operação de solda do modelo traseiro possui o tempo de produção de 1 peça a cada 16,6 segundos.

Para avançar para a fase de análise de dados, informações como a demanda mensal também foram coletadas para calcular o Takt Time, ou seja, em quanto tempo

cada peça deveria ser produzida para atender a demanda do cliente. Segundo Alvarez e Antunes Jr (2001) o Takt Time é calculado da seguinte forma:

$$\text{Takt Time} = (\text{Dias de Produção} * \text{Tempo Disponível}) / \text{Demanda Mensal}$$

Para base de cálculos, foi utilizado a média de demanda do ano de 2021. Segundo dados da Empresa X, a média de demanda mensal do modelo dianteiro é de 58.080 peças por mês. Já a do modelo traseiro, a demanda mensal é de 54.900. Com esses dados, segue os cálculos:

$$\text{Dias de produção} = 22 \text{ dias}$$

$$\text{Tempo disponível} = 2 \text{ turnos} * 8 \text{ horas} * 60 \text{ minutos} = 960 \text{ minutos}$$

$$\text{Takt Time dianteiro} = (22 * 960) / 58080 = 0,36 \text{ minutos} = 21 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time traseiro} = (22 * 960) / 54900 = 0,38 \text{ minutos} = 23 \text{ segundos}$$

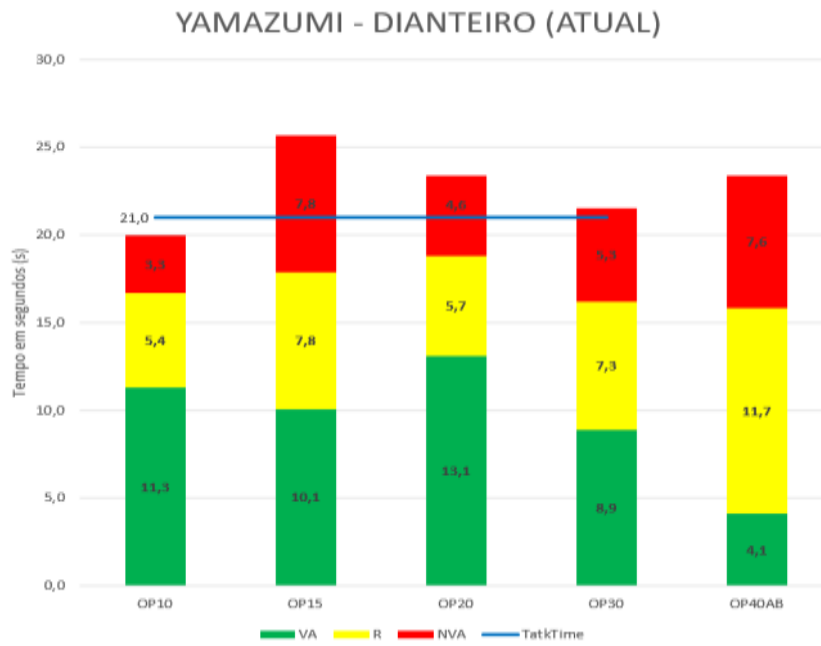
Ou seja, para o modelo dianteiro cada peça deveria ser produzida em 21 segundos e para o modelo traseiro o tempo deveria ser 23 segundos.

4.2.3 Análise Dados

Com as informações da tomada de tempos da Cronoanálise e de Takt Time, foi possível construir o gráfico Yamazumi, no qual tem por objetivo a melhor identificação das atividades que agregam ou não valor ao produto em relação ao tempo por peça produzida. As Figuras 15 e 16 mostram o gráfico construído para as operações do modelo dianteiro e traseiro, respectivamente.

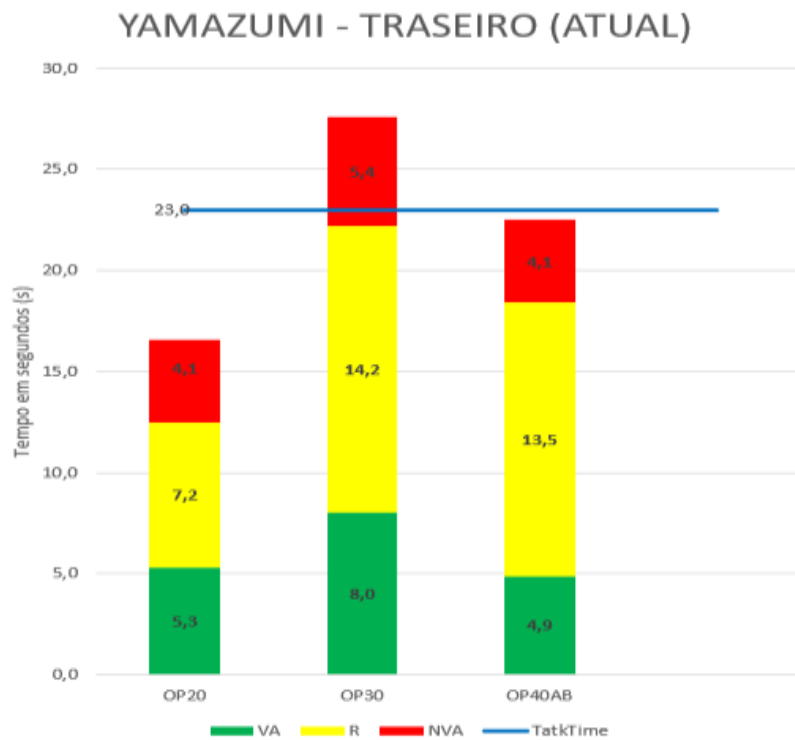
De acordo com a Figura 15 a seguir, é possível identificar que todas as operações possuem tempos consideráveis de atividades que não agregam valor ao produto, mas que são necessárias ao processo (atividades de valor requerido). Essas atividades estão relacionadas principalmente a testes destrutivos e preenchimento de relatórios. As atividades que não agregam valor são referentes a deslocamentos, tanto da movimentação com produtos pelos operadores quanto da reposição dos componentes até o maquinário. Além disso, é possível identificar que todas as operações, exceto a OP10, ultrapassam o tempo do Takt Time, ou seja, essas operações não conseguem entregar peças conforme a demanda, causando a improdutividade.

Figura 15 - Gráfico Yamazumi (Dianteiro)



Fonte: Dados da empresa

Figura 16 - Gráfico Yamazumi (traseiro)



Fonte: Dados da empresa

Da mesma forma do modelo dianteiro, o Yamazumi do modelo traseiro também demonstra que as operações possuem tempos consideráveis de atividades de valor requerido. Para a operação 30 e 40AB, o tempo delimitado como valor requerido se refere a preenchimento de documentos e liberação de linha que necessita de diversas medições antes de iniciar o processo, para garantir a qualidade do produto.

Pode-se perceber na Figura 16 que apesar da OP20 do modelo traseiro ter elevado tempo de valor requerido e de não agregar valor, ela possui um tempo inferior ao Takt Time definido. Isso se dá ao fato de serem produzidas duas peças ao mesmo tempo na máquina.

Todos esses dados foram calculados através da frequência de peças disponibilizada na cronoanálise de cada operação. Essas frequências são pré-estabelecidas pelo Engenheiro de Processos.

4.3 Elaboração e proposta do novo layout

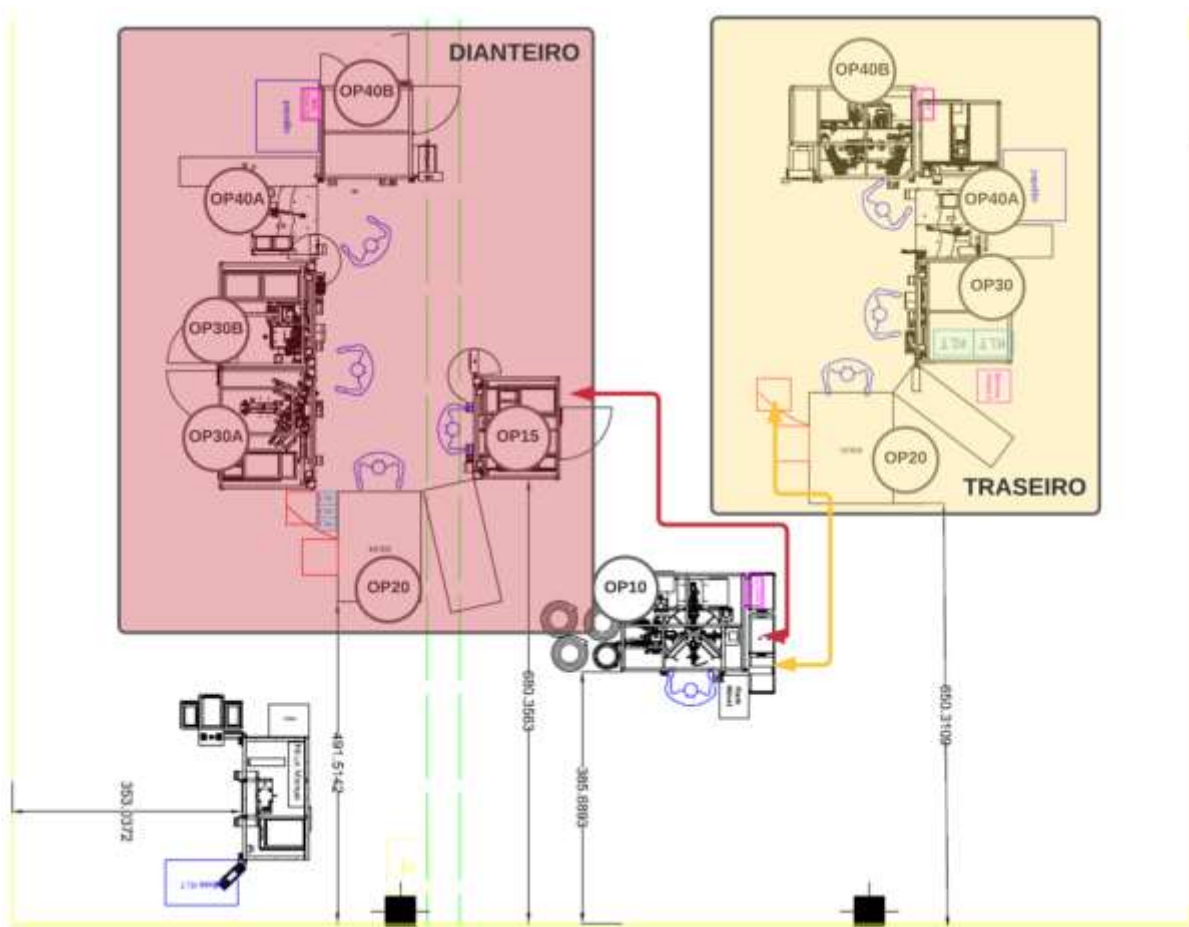
Conforme as etapas estabelecidas por Muther (1978) foi planejado e proposto um layout que atendesse às expectativas da Empresa X, considerando o espaço disponível e as necessidades de proximidade apresentadas. Foi desenvolvido um layout por produto em U, priorizando assim o fluxo contínuo do produto dentro da linha de produção e conseqüentemente uma menor movimentação dos operadores com o deslocamento do produto e redução dos estoques.

Em relação às limitações do layout proposto está a adequação das prateleiras de componentes que a logística abastece para a linha Y. Na proposta, essas prateleiras permanecem no mesmo local pois a fábrica possui caminhos definidos para o trânsito das empilhadeiras. Ou seja, os operadores de logística descarregam nas prateleiras que ficam nas laterais e não entram na linha de montagem para abastecer as máquinas.

Para a definição do novo layout, foram envolvidos e feitas reuniões com quase todos os setores da fábrica, como a logística, a manutenção e a engenharia da qualidade, por exemplo. A logística comprometeu-se a analisar a melhor localização das embalagens para os componentes e a manutenção foi incluída pois envolve a troca e a organização das máquinas. Essa etapa inclui também a área da qualidade do produto, pois é necessário que a Empresa X garanta que a mudança de layout não interfira na qualidade das peças entregues ao cliente. A supervisão de produção foi incluída também, pois é necessária a programação da produção para a parada de linha durante a implementação e adequação das demandas.

Após a análise de todas as informações, análise do dados coletados e possibilidades, foi proposto o seguinte layout (Figura 17):

Figura 17 - Layout Proposto



Fonte: Os autores

Nessa proposta, as operações de solda (OP20) tanto do modelo dianteiro quanto do modelo traseiro se aproximaram e ficaram ao lado de suas operações sucessivas. Da mesma forma ocorreu para a OP15 que se aproximou da OP20 do dianteiro. Com isso, foram eliminadas as movimentações de transporte do produto, pois assim que o operador finaliza a peça ela já é disponibilizada para seguir no fluxo. A proximidade das operações nessa proposta eleva a produtividade da linha Y por conta da eliminação de atividades acíclicas que ocorriam.

As etapas eliminadas da OP20 são destacadas na Figura 18 e 19 a seguir, modelo dianteiro e traseiro, respectivamente.

Figura 18 - Antes x Depois OP20 (dianteiro)

			ANTES	DEPOIS	DIFERENÇA
Atividade	Nº	Descrição Atividade	Tempo (s)		
Cíclica	1	Soldagem dos Braços	16,2	16,2	0,0
Acíclica	2	Teste Destrutivo	248,2	248,2	0,0
Acíclica	3	Troca Eletrodo	578,0	578,0	0,0
Acíclica	4	Dispositivo de Controle	481,2	481,2	0,0
Acíclica	5	Caderno de Carbono	272,2	272,2	0,0
Acíclica	6	Transporte para a OP30	217,0	0,0	217,0
Acíclica	7	Retirada de Papelão	5,4	0,0	5,4
Acíclica	8	Limpeza Eletrodo	136,1	136,1	0,0
Acíclica	9	Abastecimento de Segmento	9,5	0,0	9,5
Acíclica	10	Abastecimento Braço Principal	10,9	0,0	10,9
Acíclica	11	Abastecimento de Braço s/ Proj.	7,2	0,0	7,2
Acíclica	12	Abastecimento de Braço c/ Proj.	7,2	0,0	7,2
TOTAL			1989,0	1731,9	257,1

Fonte: Os autores

Nesta figura podemos analisar que todas as atividades duravam em torno de 1989 segundos, aproximadamente 33 minutos para a suas realizações. Com a proposta do novo layout e as eliminações das atividades 6, 7 e 9 a 12, esse tempo reduziu 257,1 segundos, aproximadamente 4 minutos.

No arranjo físico proposto, também foi possível eliminar as atividades de abastecimento de componente da OP20 do modelo dianteiro, pois agora quem fará será o operador da OP15 ou o operador da OP10. Da mesma forma acontece no modelo traseiro, sendo eliminada as atividades de abastecimento de componente, pois agora quem fará será o operador da OP10. Tanto a OP10 quanto a OP15 são operações com maior produtividade e com isso é possível que esses abastecimentos ocorram.

A seguir na Figura 19 é destacado as atividades eliminadas e seus tempos.

Figura 19 - Antes x Depois OP20 (traseiro)

			ANTES	DEPOIS	DIFERENÇA
ATIVIDADE	Nº	DESCRIÇÃO	TEMPOS		
Cíclica	1	Soldagem dos Braços	10,0	10,0	0,0
Acíclica	2	Teste Destrutivo	248,2	248,2	0,0
Acíclica	3	Troca Eletrodo	578,0	578,0	0,0
Acíclica	4	Dispositivo de Controle	481,2	481,2	0,0
Acíclica	5	Identificação Teste Destrutivo	169,5	169,5	0,0
Acíclica	6	Caderno de Carbono	272,2	272,2	0,0
Acíclica	7	Transporte para a OP30	116,0	0,0	116,0
Acíclica	8	Retirada de Papelão	5,4	0,0	5,4
Acíclica	9	Limpeza Eletrodo	136,1	136,1	0,0
Acíclica	10	Abastecimento de Segmento	9,5	0,0	9,5
Acíclica	11	Abastecimento Braço Principal	10,9	0,0	10,9
TOTAL			2036,9	1895,2	141,7

Fonte: Os autores

Para validar essa proposta, foram executadas simulações das atividades dentro da própria linha de produção realizando as tomadas de tempo das atividades cíclicas e acíclicas do possível novo layout.

O transporte para as próximas operações será direto após a sua produção do produto nesta etapa, pois agora as operações estão lado a lado, sem a necessidade de deslocamento. Por esse motivo também ocorre a eliminação da etapa “retirada de papelão” pois agora elas são dispostas para a próxima operação assim que finalizadas. Desse modo também irá ocorrer o abastecimento da OP30, já que o operador da operação anterior (solda - OP20) não precisará se locomover para distribuir o produto soldado. Assim também acontece nas operações do modelo traseiro, a única diferença é que quem abastecerá os componentes é o operador da OP10 (rebitagem).

A Figura 20 a seguir detalha as atividades cíclicas e acíclicas da operação de solda do modelo dianteiro para o possível novo layout que foi proposto.

Figura 20 - Cronoanálise OP20 Futuro (Dianteiro)

INFORMAÇÕES GERAIS				TEMPO			
ATIVIDADE	Nº	DESCRIÇÃO	FREQ.	Agrega Valor	Valor Requerido	Não Agregação Valor	TOTAL
Cíclica	1	Soldagem dos Braços	1	13,1	3,1	0,0	16,2
Acíclica	2	Teste Destrutivo	600	0,0	248,2	0,0	248,2
Acíclica	3	Troca Eletrodo	600	0,0	373,6	204,4	578,0
Acíclica	4	Dispositivo de Controle	600	0,0	102,0	379,2	481,2
Acíclica	5	Caderno de Carbono	600	0,0	272,2	0,0	272,2
Acíclica	6	Limpeza Eletrodo	50	0,0	136,1	0,0	136,1
TOTAL				13,1	1135,1	583,6	1731,9

Fonte: Dados da empresa

Com os dados da cronoanálise da Figura 20, pode-se concluir (com relação a frequência das peças) que a operação de solda pode passar a produzir 1 peças a 20,2 segundos, atingindo assim o Takt Time definido de acordo com a demanda do cliente. Neste caso, em um dia de trabalho (jornada de dois turnos de 8 horas) podia produzir 157 peças por hora. Agora, com essa nova proposta pode-se produzir um total de 178 peças por hora, totalizando 22 peças a mais do que o atual.

A Figura 21 a seguir demonstra a diferença de tempos de produção da OP20 dianteiro em relação a tempo por peça, peças por hora, por turno e por dia.

Figura 21 - Tempos antes x depois

TEMPO	ATUAL (s)	PROPOSTO (s)	DIFERENÇA (s)	AUMENTO
TEMPO POR PEÇA	23s	20,2	2,8	14%
PEÇAS POR HORA	157	178	22	
PEÇAS POR TURNO	1252	1426	174	
PEÇAS POR DIA	2504	2851	347	

Fonte: Os autores

Ou seja, de acordo com a Figura 21, em um único dia trabalhado pode-se atingir um aumento de 347 peças com o layout proposto, tendo um aumento significativo de 14%.

Os custos de implementação do novo layout estão relacionados à realocação do maquinário por conta do setor de Manutenção da Empresa X, havendo possivelmente a

necessidade de ferramentas e equipamentos mais específicos para a modificação, porém não foi objeto de estudo deste trabalho.

Em relação a produção, não há perdas. Todo o planejamento, desde a proposta até a implementação, é acordado com o cliente e assim toda a demanda é adequada quando necessário neste período.

5. Discussões

O planejamento de um novo layout é de grande desafio para a organização, pois demanda tempo e qualificação para seu desenvolvimento e ainda existem diversas limitações como espaço disponível e custos de investimentos. Erro no planejamento pode acarretar em atrasos na produção, gastos não planejados, defeitos no produto e atraso na entrega ao cliente, por exemplo.

Os layouts são planejados a fim de otimizar tempo e processo, priorizando a maximização da produtividade e reduzindo desperdícios de movimentação durante o fluxo produtivo. A distribuição do maquinário, equipamentos e materiais de forma adequada tem como consequência uma maior produção em um menor tempo, otimizando o espaço disponível e a execução das atividades acíclicas.

Foi possível identificar a necessidade da mudança do layout devido a produtividade abaixo da meta de produção e as movimentações desnecessárias entre as operações de pré-montagem e montagem final. Nesse contexto, o método SLP trouxe diversos benefícios, auxiliando no planejamento de um novo layout no qual houvesse a organização do espaço e a disposição correta dos recursos disponíveis, tornando o fluxo eficiente e reduzindo as movimentações dos trabalhadores entre as operações.

Com a proposta do novo layout, houve um aumento significativo de 14% na produção diária. Atualmente é produzido em torno de 157 peças por hora e com a melhoria esse valor passaria para 178 peças produzidas na operação de solda (OP20), pois houve a eliminação de atividades acíclicas e também pela junção das operações que haviam maior necessidade de proximidade.

6. Conclusões

Conforme o estudo realizado na Empresa X, a má adequação do maquinário da linha Y e de seus recursos comprovou a necessidade de uma modificação em seu arranjo físico. O layout atual tinha como consequência uma perda de produtividade por conta das grandes movimentações que os operadores faziam para transportar o produto.

No planejamento foi possível adequar o layout de celular para layout por produto em U, reduzindo assim a quantidade de estoque e de movimentações dentro da linha de produção. Com as modificações apresentadas é possível comprovar a melhoria no fluxo e nas movimentações desnecessárias que eram dadas pelas distâncias das operações, este o principal problema relatado. Observou-se eficiência e o aumento da produtividade em 14%.

Apesar das melhorias elaboradas em relação ao layout, ainda há muito o que se fazer. A ergonomia é um ponto de extrema importância na linha estudada, pois os operadores carregam caixas pesadas e se inclinam muitas vezes para pegar os componentes necessários, o qual sugere uma continuação da pesquisa para proposta de novas melhorias. Além disso, outras atividades listadas na OP20 como acíclicas e que não agregam valor ao produto como a troca do eletrodo e o dispositivo de controle também podem ser tratadas como novas oportunidades de melhoria. Em relação às outras operações também existem diversas oportunidades, pois foi constatado que a maioria ultrapassa o Takt Time definido e possuem tempos elevados de atividades que não agregam valor ao produto.

Referências

- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção* [online]. 2001, v. 8, n. 1, pp. 1-18.
- BARBOSA, P. C. S. Uma implantação de layout. (TCC. ARCIERI, A. M. A; BARRETO, F. R. Aplicação da metodologia SLP na melhoria de uma linha de produção de chuveiros. ENEGEP (2015)
- CASSETTA, P. S.; CASSETTA, I. Análise de Layout de uma usina de asfalto - estudo de caso. *Simpósio de Engenharia de Produção* (2016).
- CORREA. V .M; VOLANTE, C. R. Proposta de melhoria no layout de produção utilizando a ferramenta SLP: um estudo de caso em uma indústria de implementos agrícolas. *Revista Interface Tecnológica*, vol. 16 n.2 (2019)
- FERNANDES, G.; STRAPAZZON, R.; CARVALHO, A. D. P. Layout de empresas e seus benefícios. ENEGEP (2013).
- GENARO, C. K; OLIVEIRA, E. D. de; OLIVEIRA, F. F. de; SILVA, D. F; Proposta de alteração de layout para melhoria no fluxo de produção de uma Indústria

Automotiva. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 15, n. 1, p. 212-230, jan./mar. 2019.

GIL, A. C; Como classificar pesquisas? (2002)

<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-layout-da-fabrica-pode-influir-na-produtividade,83bc438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>

LUZZI, A. A. Uma abordagem para projetos de layout industrial em sistemas de produção enxuta: um estudo de caso.

MEINCHEM, E. Otimização de layout através do método SLP - um estudo de caso da eficiência produtiva em uma empresa de confecção. Instituto Federal de Santa Catarina. Jaraguá do Sul. 2018

NEUMANN, C; SCALICE, R. K. Projeto de Fábrica. Ed. Campus, 2015.

NITO, L. C; Aplicação do trabalho padronizado com foco na produtividade: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. Produção, v. 18, n. 3, set./dez. 2008, p. 609-624

TRIPP, D. Pesquisa Ação: uma introdução metodológica. Universidade de Murdoch (2005)

TURATI, S. A.; FILHO, E. M. Reorganização do arranjo físico da caldeiraria de uma empresa do setor metalomecânico por meio do método de Planejamento Sistemático de Layout – SLP. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 11, nº 2, abr-jun/2016, p. 39-51.

ROSA, G. P.; CRACO, T.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H. A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, nº 2, abr-jun/2014, p. 139-154.

SANTOS, A. L. V.; FILHO, R. R. R. A importância do layout para as empresas. Revista Interface Tecnológica, vol.16 (2019).