



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ANÁLISE DE UM POSTO DE TRABALHO EM UMA FÁBRICA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS: ESTUDO DA MOVIMENTAÇÃO E LAYOUT

ANALYSIS OF A WORKSTATION IN AN AGRICULTURAL EQUIPMENT FACTORY: STUDY OF MOVEMENT AND LAYOUT

ANÁLISIS DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO EN UNA FÁBRICA DE EQUIPOS AGRÍCOLAS: ESTUDIO DE MOVIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

Katiucya Juliana Rodrigues de Lima ¹ & André Alves de Resende ^{2*}

^{1,2} [Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia](http://www.ufes.br)

¹ katiucyal@gmail.com ^{2*} aarende@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 22.03.2023

Aprovado: 18.04.2023

Disponibilizado: 03.05.2023

PALAVRAS-CHAVE: Movimentação; Layout; Produtividade; Fluxo de Materiais.

KEYWORDS: Movement; Layout; Productivity; Material Flow.

PALABRAS CLAVE: Movimiento; Diseño; Productividad; Flujo de materiales.

*Autor Correspondente: RESENDE, A. A., de.

RESUMO

O ambiente de trabalho deve ser um lugar propício e que facilite a realização das atividades laborais, a fim de melhorar a produtividade e eficiência. Assim, este estudo tem como propósito analisar a movimentação do trabalhador em um posto de solda de uma fábrica de equipamentos agrícolas. O objetivo é minimizar as movimentações desnecessárias e o tempo gasto para a realização das tarefas diárias dessa estação de trabalho. É uma pesquisa aplicada, de caráter descritivo e qualitativo, e para sua realização, levou-se em consideração a sequência de eventos do posto de trabalho. As atividades de transporte foram identificadas e analisadas através da Matriz "de-para", Matriz de Relacionamento e Diagrama de Proximidade, além de conceitos sobre layout e fluxo. Foram sugeridas mudanças na disposição dos estoques, e através de simulação, verificou-se que elas acarretam em diminuições na distância percorrida e no tempo gasto, atendendo os objetivos do trabalho. A comparação entre o cenário atual e o proposto foi realizada, exemplificando os possíveis ganhos para a empresa, e, comprovando a importância de estudos dessa natureza dentro das organizações.

ABSTRACT

The work environment must facilitate and favor the realization of the activities, in order to generate productivity and efficiency. Therefore, the purpose of this study is to analyze the worker's flow and movement at a welding station of an agricultural equipment factory, based on time study and layout. The main objective is to minimize the

unnecessary movement and time spent on the daily activities of this workstation. It is an applied research project, descriptive and qualitative. To be developed, the Sequence of Events was considered, where the transport activities were identified and analyzed through the From-To Chart, Relationship Chart and Proximity Diagram, besides concepts of layout and material flow. Some modifications were suggested on the display of storage locations and through simulation because it was verified that the changes would apply on traveled distances and time decreases, meeting this study purpose. The comparison between the current scenario and the proposed one was made, showing the possible gains for the company and demonstrating the importance of studies like these insides of the organizations.

RESUMEN

El ambiente de trabajo debe ser propicio y facilitar la realización de actividades laborales para mejorar la productividad y la eficiencia. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo analizar el movimiento del trabajador en un puesto de soldadura en una fábrica de equipos agrícolas. El objetivo es minimizar el movimiento innecesario y el tiempo empleado en las tareas diarias de esta estación de trabajo. Es una investigación aplicada, de carácter descriptivo y cualitativo, y para su realización se consideró la secuencia de eventos del puesto de trabajo. Las actividades de transporte se identificaron y analizaron a través de la matriz "de-para", la matriz de relación y el diagrama de proximidad, así como conceptos de diseño y flujo. Se sugirieron cambios en la disposición de los stocks y, a través de simulación, se demostró que estos cambios resultan en reducciones en la distancia recorrida y el tiempo empleado, cumpliendo con los objetivos del trabajo. Se realizó una comparación entre el escenario actual y el propuesto, ejemplificando los posibles beneficios para la empresa y demostrando la importancia de estudios de este tipo dentro de las organizaciones.



1. INTRODUÇÃO

Devido á preocupação com a produtividade, as organizações estão buscando melhorar as condições de trabalho, agregar os mais modernos recursos disponíveis no mercado, tecnologias, e mão de obra qualificada compatível com a empresa (Prates, 2007). Essa apreensão com os níveis de produtividade iniciou-se nas primeiras décadas do século XX, quando Taylor introduziu conceitos através da Administração Científica, abordando os benefícios de observar e estudar os processos de trabalho (Villarouco & Andreto, 2008).

Segundo Barnes (1977), Taylor foi o pioneiro a enfrentar questionamentos sobre qual a melhor forma de executar as tarefas e a evolução desses questionamentos deu origem ao estudo dos tempos, uma ferramenta que pode ser usada para o aumento da eficiência da fábrica (Barnes, 1977). Ainda para o mesmo autor, conceitos de análise dos movimentos do trabalhador surgiram com os estudos de Frank e Lillian Gilbreth, que reuniram conhecimentos de engenharia e psicologia, e estudaram a fadiga, a monotonia e o desenvolvimento de técnicas como o gráfico de fluxo de processo, o estudo de micro movimentos, entre outros.

Com o passar dos anos, a indústria se convenceu de que o estudo dos tempos e movimentos são complementares e essas ferramentas devem ser aplicadas mutuamente em uma empresa para solucionar problemas (Barnes, 1977, p. 14). Afinal, o estudo de tempos e movimentos contribui na análise do trabalho, e fornece assistência para a criação ou alteração de sistemas, com o intuito de elevar sua produtividade, eficiência e diminuir custos (Santos, Souza, Marzano & Minette, 2013).

Esse estudo é importante visto que o ambiente de trabalho deve favorecer o bom desempenho das atividades, pois, refletirá diretamente na produtividade e que podem impactar na lucratividade da empresa (Prates, 2007). Algumas condições favorecem o ambiente de trabalho, como a disposição dos equipamentos em sequência lógica de produção, níveis de iluminação adequados, distâncias mínimas necessárias entre máquinas, áreas destinadas a resíduos e locais necessários para pausas, entre outras, trazendo maior motivação e qualidade de vida ao trabalhador (Fiedler, Wanderley, Nogueira, Oliveira, Santos & Alves, 2009).

No setor das indústrias agrícolas, por exemplo, desde o surgimento das máquinas e implementos agrícolas, houve evolução técnica e crescimento da oferta de equipamentos que otimizam a produtividade no campo, e que utilizam tecnologias cada vez mais avançadas. A indústria desse setor teve então que focar seus esforços em inovação tecnológica para ser competitiva no mercado (Vian & Junior, 2013). Em se tratando de competitividade, o Brasil perde para diversos países, encontrando-se em 2022 no 59º lugar, entre 63 economias analisadas, seguindo entre as nações menos competitivas do mundo (Riveira, 2022).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho é analisar um posto de trabalho de solda de um componente de alimentação da colhedora de cana, em uma fábrica de máquinas agrícolas, através das métricas de movimentação, e considerando seus recursos produtivos, arranjo físico, e avaliando seu desempenho com base no ambiente de trabalho e limitações.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pode-se considerar que apurar o tempo padrão de um corte de cabelo em um salão de beleza, ou o preparo de um sanduíche em uma rede de *fast food* se tornou comum nos dias de hoje. Esse tipo de análise ultrapassou os limites da indústria, afinal, a produtividade de um funcionário e a qualidade do seu serviço podem ser medidos, e assim determinar sua permanência em uma organização que compete no mercado por lucratividade (Peinado & Graeml, 2007).

O estudo da operação através de tempos, movimentos e métodos visa eliminar os movimentos desnecessários do trabalhador, e encontrar uma forma mais eficiente de realizar as atividades diárias, sendo que dessa forma, a empresa busca diminuir custos e aumentar a produtividade (Peinado & Graeml, 2007) sem negligenciar a importância que os recursos humanos têm para o desempenho das tarefas. É importante definir o que se espera do trabalhador em termos de desempenho e demonstrar a contribuição de suas atividades para a organização (Slack, Chambers & Johnston, 2002). Taylor (2012) afirma que quando o operário tem definida a tarefa que deve executar e o tempo determinado para executá-la, ele tem uma medida precisa, e através dela consegue apreciar seu progresso ao longo do dia, trabalhando então com maior satisfação.

Deve-se levar em consideração também o impacto de se planejar cuidadosamente o local de trabalho, pois cerca de 20 a 50% do total das despesas operacionais de uma empresa é atribuído a manuseio de materiais (Tompkins, White, Bozer, Tanchoco, 2010). Os mesmos autores afirmam que através da otimização do local de trabalho, e da eliminação de movimentos desnecessários, é possível reduzir esses custos, aumentar a produtividade, além de gerar maior satisfação dos envolvidos.

2.1 ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

A estrutura do estudo de tempos e movimentos pode ser imaginada como um funil, onde a análise tem início na visão geral do trabalho e vai se estreitando, até focar no detalhe. Primeiramente, é analisado o processo produtivo, a fim de detectar os pontos críticos. A partir dessa análise, é feita a divisão do processo em atividades ou operações, para, por fim, dividir cada atividade em elementos, focando naqueles realizados por operários (Contador, 2010).

O estudo de tempos não tem apenas a finalidade de estabelecer a melhor forma de trabalho, mas também obter o tempo normal e o tempo padrão para a realização de cada tarefa. Tempo normal, definido por Contador (2010), é o tempo necessário para que uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando em um ritmo normal, realize uma tarefa específica. O mesmo autor definiu o tempo padrão como o tempo normal acrescido com as tolerâncias de fadigas e demoras.

Segundo Peinado e Graeml (2007), com essas informações de tempo normal e padrão, é possível encontrar um padrão de referência que servirá para: determinação da capacidade produtiva da empresa; elaboração dos programas de produção; determinação do valor da mão de obra direta no cálculo do Custo do Produto Vendido (CPV); estimativa do custo de um



novo produto durante seu projeto e criação; balanceamento das linhas de produção e montagem.

Ainda que o surgimento dessas duas técnicas tenha acontecido separadamente, em diferentes épocas, e por diferentes pessoas, elas passaram a ser vistas como metodologias complementares, e sua utilização nas empresas acontece de forma simultânea para ser mais completa e satisfatória (Barnes, 1977).

Segundo Barnes (1977), as empresas aplicam diferentes graus de importância para essas técnicas, variando de acordo com seus objetivos e a situação atual do negócio. Por exemplo, o custo da aplicação desses estudos deve sempre levar em conta o retorno de capital esperado, ou seja, o grau de aplicação e desenvolvimento das técnicas dentro da empresa pode variar de acordo com os benefícios potenciais.

Barnes (1977), apresenta o procedimento para executar o estudo de tempos, podendo variar em algum nível, dependendo da empresa onde será aplicado. Primeiramente, deve-se obter e registrar informações sobre a operação e o operador em estudo, um esboço do local de trabalho, que demonstre a posição do operador, das ferramentas, dispositivos e materiais. Depois, dividir a operação em elementos e registrar uma descrição completa do método, do passo a passo que o trabalhador está utilizando para realizar a operação naquele momento, afim de realizar uma análise elementar da mesma. Nessa etapa, pode ser utilizado um gráfico de fluxo de processo, explicitando as movimentações, inspeções, esperas, etapas de armazenagem e de modificação que ocorrem no espaço produtivo.

Ainda para Barnes, deve-se observar e registrar o tempo gasto pelo operador através da cronometragem, e determinar o número de ciclos a ser cronometrado, pois o estudo dos tempos é baseado em amostragem, onde quanto maior o número de ciclos cronometrados, melhor será o resultado, e quanto menor a variabilidade dessas medições, mais preciso o resultado.

Depois é preciso avaliar o ritmo do operador, baseado em tempo que o analista considera normal executá-las. Uma forma de definir o ritmo é considerar a velocidade normal de operação como 100%, e se o analista considerar que o operador está com velocidade acima do normal, ele atribuirá um valor maior que 100%. Da mesma forma, se considerar que a velocidade está abaixo do esperado, os valores serão menores que 100% (Peinado & Graeml, 2007).

2.2 ORGANIZAÇÃO E LAYOUT

Para Stevenson (2001), o *layout*, ou arranjo físico, é a configuração de departamentos, de centros de trabalho e de instalações e equipamentos, que enfatiza a movimentação otimizada. De acordo com Tompkins et al. (2010), nas empresas de manufatura, o *layout* precisa suportar a produção e ajudar a organização a atingir seus objetivos.

Para Tompkins et al. (2010), alguns objetivos do projeto das instalações são: melhorar a satisfação dos clientes, através do cumprimento de prazos e atender as necessidades dos



mesmos; aumentar a velocidade de resposta ao cliente; reduzir custos e aumentar os lucros; suportar a visão da organização através da melhoria de movimentação de materiais, controle e estoque; utilizar com eficiência as pessoas, os equipamentos, o espaço, e a energia; ser adaptável e promover fácil manutenção; promover segurança e satisfação ao trabalhador, além de eficiência energética e responsabilidade ambiental.

Para identificar o que o centro de trabalho exige, é preciso considerar o fluxo de materiais, o relacionamento entre as atividades e o espaço necessário. O fluxo de materiais considera os lotes de produção, a configuração das instalações e o layout (Tompkins et al., 2010). Segundo esse autor, fluxo é a movimentação de materiais, informação, pessoas, bens e energia pelos diversos processos da fábrica. Para que um fluxo ocorra, é necessário um objeto, um recurso e comunicação. O objeto é o que sofrerá a ação, será movimentado de um ponto a outro; o recurso é o que realizará essa ação, podendo ser uma pessoa, ou uma empilhadeira, por exemplo e a comunicação é o que coordena esse fluxo, ditando as regras.

Uma ferramenta bastante útil para analisar um fluxo é o gráfico de fluxo de processo. Ele demonstra graficamente todos os passos que ocorrem em um centro de trabalho, tanto de matérias primas quanto de produtos acabados, que podem ser operações realizadas, transportes, esperas, inspeções e armazenagens (Sule, 2009).

Cada uma dessas atividades possui um símbolo específico para ser representado no gráfico, e seu objetivo é encontrar o método que utilize o mínimo número de símbolos. Segundo o mesmo autor, através dessa análise, é possível otimizar as atividades e também o layout do posto de trabalho analisando, por exemplo, reduzir número de transportes realizados através da realocação de máquinas no espaço físico.

2.3 MÉTODOS PARA ANÁLISE DE LAYOUT

Um dos métodos bastante utilizados é a matriz “*de-para*”. Ela mostra o número de viagens ou movimentos realizados por uma unidade entre vários departamentos, sendo uma forma quantitativa de identificar a necessidade de proximidade de estações de trabalho. Através dela, aqueles caminhos que tiverem o maior número de fluxo devem estar o mais perto possível para minimizar a distância percorrida (Sule, 2009).

Nessa matriz, as linhas representam o “*de*”, de onde o fluxo está sendo iniciado, e as colunas representam o “*para*”, significando para onde o fluxo está indo. Os números representam a quantidade de fluxo, que pode ser o número de viagens realizadas pelo operador, ou o número de peças transportadas, etc.

Além da matriz citada, é possível correlacioná-la com outra, a matriz de relacionamento. Ela demonstra a necessidade de dois departamentos estarem perto, ou não, baseado na opinião do analista, e pode levar em conta a intensidade de fluxo, conveniência, necessidade de trabalhar com o mesmo pessoal, necessidade de comunicação, ou utilizar as mesmas instalações (Sule, 2009).



Depois da elaboração da matriz, é necessário realizar a representação gráfica da importância da proximidade dos elos, seguindo uma relação proposta por Muther (1978), onde cada classificação de relacionamento terá uma pontuação e uma quantidade de traços para ser representado graficamente.

Um dos métodos bastante utilizados é a matriz “*de-para*”. Ela mostra o número de viagens ou movimentos realizados por uma unidade entre vários departamentos, sendo uma forma quantitativa de identificar a necessidade de proximidade de estações de trabalho. Através dela, aqueles caminhos que tiverem o maior número de fluxo devem estar o mais perto possível para minimizar a distância percorrida (Sule, 2009).

Nessa matriz, as linhas representam o “*de*”, de onde o fluxo está sendo iniciado, e as colunas representam o “*para*”, significando para onde o fluxo está indo. Os números representam a quantidade de fluxo, que pode ser o número de viagens realizadas pelo operador, ou o número de peças transportadas, etc.

Além da matriz citada, é possível correlacioná-la com outra, a matriz de relacionamento. Ela demonstra a necessidade de dois departamentos estarem perto, ou não, baseado na opinião do analista, e pode levar em conta a intensidade de fluxo, conveniência, necessidade de trabalhar com o mesmo pessoal, necessidade de comunicação, ou utilizar as mesmas instalações (Sule, 2009).

Depois da elaboração da matriz, é necessário realizar a representação gráfica da importância da proximidade dos elos, seguindo uma relação proposta por Muther (1978), onde cada classificação de relacionamento terá uma pontuação e uma quantidade de traços para ser representado graficamente.

3. METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foram coletados os dados das atividades realizadas no posto de trabalho de solda, com a finalidade de reduzir a movimentação e o tempo gasto pelo trabalhador ao buscar as peças para serem soldadas. Com a ajuda de um engenheiro e do supervisor do setor, ambos do departamento de engenharia de manufatura, foi realizada a extração da sequência de eventos, que além das atividades desenvolvidas naquele posto, também contempla o tempo gasto nas mesmas.

Esse relatório, a sequência de eventos (SOE - *Sequence of Events*), detalha o passo a passo das atividades do operador, contemplando as etapas de montagem, soldagem, carregamento, descarregamento, entre outras. A sequência de eventos e também os dados obtidos durante a observação do posto de trabalho, serviram como base para a elaboração do “Gráfico de Fluxo de Processo”, que facilita a visualização das atividades, demonstra os tempos decorridos e as distâncias percorridas, e utiliza símbolos para identificar as etapas de operação, transporte, espera, inspeção e armazenagem.

3.1 ELABORAÇÃO DO LAYOUT

Através de observação e análise do centro de trabalho, foi possível obter a localização exata de cada dispositivo, e a localização do estoque de cada uma das peças foi identificada. Através da utilização de um *software* de CAD, elaborou-se um layout do centro produtivo,



representando o espaço físico de forma simplificada. Foram desconsiderados os nomes de peças, dos postos de trabalho e qualquer outra informação que pudesse expor a empresa em estudo.

Com base nesse layout, foi realizada uma demarcação relacionada à movimentação de pessoas, materiais e informações nesse centro produtivo, identificando cada um dos estoques de peças, verificando entre quais locais existe fluxo, e qual a distância que o operador precisa se movimentar, entre outras informações que serão utilizadas nas análises.

3.2 ANÁLISE DE FLUXO

Com o objetivo de analisar o fluxo envolvido no processo, primeiramente elaborou-se a matriz “de-para”, a fim de visualizar de onde vem o fluxo e para onde vai, considerando as respectivas intensidades, ou seja, quantas viagens são realizadas pelo trabalhador entre os pontos.

Com as informações, também foi elaborada a matriz de relacionamento, indicando qual a relação existente entre cada um dos elos, determinando onde há maior ou menor fluxo, e classificando-os de entre A, E, I, O e U.

Através dessas análises, foi possível identificar quais estoques possuem o maior fluxo de operadores, ou seja, aqueles estoques em que o trabalhador visita mais a fim de buscar as peças necessárias para soldagem. Assim, com a utilização dos métodos citados, melhorias na disposição do estoque foram sugeridas a fim de reduzir essa movimentação excessiva.

A análise para sugestão das melhorias teve início identificando primeiramente os estoques com maior fluxo, e como proposta, esses foram aproximados do dispositivo de solda, afinal, quanto maior o fluxo, menor deve ser a distância entre os dois pontos. Para a proposta, foi levado em consideração o tamanho dos itens, peso, a disponibilidade de espaço na estação de trabalho, e o tipo de armazenamento que o item necessita, sendo um rack comum ou específico.

3.3 ELABORAÇÃO DA PROPOSTA

De acordo com as análises realizadas e as oportunidades identificadas, foi possível sugerir as mudanças no centro produtivo, a fim de adequá-lo às necessidades do operador, diminuindo as movimentações desnecessárias, otimizando assim as atividades realizadas nesse setor em questão.

Primeiramente, as possíveis mudanças foram minimamente analisadas, a fim de sugerir as que mais resultassem em melhorias para o operador e para o processo. Foi realizada uma simulação, através de fotos do posto de trabalho, para demonstrar a posição atual dos itens e a posição sugerida dos mesmos, com o intuito de facilitar a compreensão e para exemplificar com clareza a proposta de modificação.

Foi então projetado um carrinho para a armazenagem dos itens que se mostraram críticos, pois são muito utilizados, e que se encontravam armazenados de forma insegura e sem qualquer tipo de identificação. Assim, foi possível visualizar o benefício de se implantar as

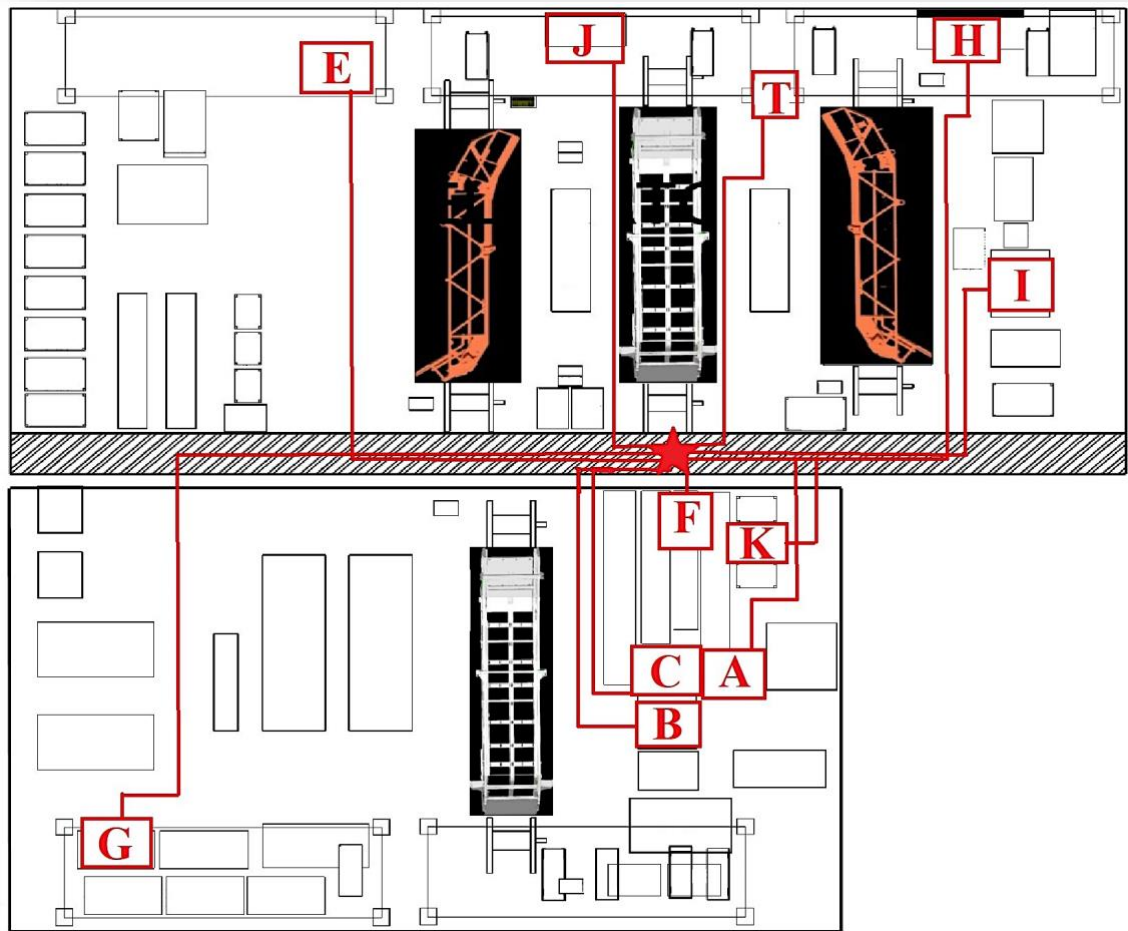


mudanças sugeridas, com base na redução da distância percorrida e do tempo despendido nas atividades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de facilitar o entendimento do trabalho, e para uma melhor visualização, o layout do posto de trabalho foi desenhado de forma simplificada, e os pontos de estoques foram nomeados de forma aleatória com letras, sem fazer identificação à nomenclatura utilizada pela empresa (Figura 1).

Figura 1. Layout do posto de trabalho com indicação do fluxo de materiais.



Fonte: Autores (2023)

As atividades caracterizadas como transporte, são as que terão foco neste estudo, e essa movimentação identificada pode ser considerada em duas vias, indo do dispositivo de solda central em direção aos estoques de peças, e também dos estoques para o dispositivo de solda. Isso porque, o trabalhador sai do seu ponto inicial para buscar as peças necessárias em cada um dos estoques, e então volta para o ponto inicial, deposita as peças e realiza a soldagem. O ponto inicial está demarcado com uma estrela na Figura 1 e os estoques considerados para a identificação dos fluxos estão representados por letras, sendo o fluxo mencionado de pessoas e matérias primas e subconjuntos soldados.



Essa movimentação acontece dentro da estação de trabalho de solda, sendo observada com frequência entre a bancada e o dispositivo de solda, a talha e o dispositivo de solda, e entre os estoques e o dispositivo.

Com a informação dos estoques, de A a K, considerando a talha com a letra T, a bancada a letra B, e o ponto de partida do trabalhador a letra D, foi elaborada a Tabela 1, considerando o fluxo dos materiais entre esses pontos. Com isso, foi elaborada a matriz “de-para” desse processo, representada na Tabela 2, onde as linhas representam o início do fluxo, de onde o fluxo sai, e as colunas representam para onde ele vai. Além disso, na Figura 2, é possível verificar a matriz de relacionamento deste estudo, onde os departamentos mais críticos, que necessitam estar localizados próximos, recebem a letra A, e para os demais, conforme a necessidade vai diminuindo, vão recebendo as letras E, I e O. As demais ligações, que não apresentam necessidade de proximidade entre si, receberam a letra U. A matriz de relacionamento demonstra a necessidade de aproximação dos departamentos, e para ser entendida, precisa ser colocada em uma matriz, onde as letras A, E, I, O U e X representam os níveis de relacionamento.

Tabela 1. Intensidade de fluxo no posto de trabalho

Item	Sequência de Processo	Intensidade de Fluxo
20	D-A-D	1
21	D-F-D	1
22; 24; 25	D-C-D	7
23; 33	D-E-D	3
27; 28	D-T-D	2
15+14+4; 13+14+4; 16+4	D-B-D	3
29; 32	D-G-D	2
31; 35	D-H-D	4
30	D-I-D	1
34	D-J-D	2
36	D-K-D	2

Fonte: Autores (2023)

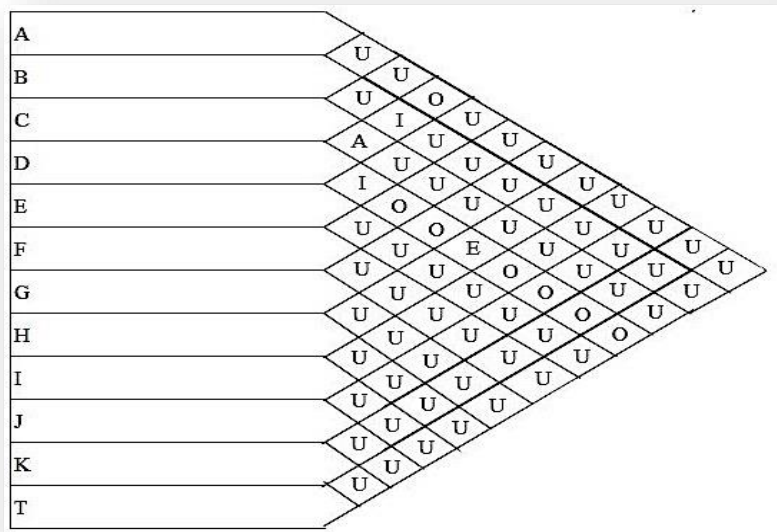
Tabela 2. Matriz “de-para” do processo analisado

DE-PARA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	T
A				1								
B				3								
C				7								
D	1	3	7		3	1	2	4	1	2	2	2
E				3								
F				1								
G				2								
H				4								
I				1								
J				2								
K				2								
T				2								

Fonte: Autores (2023)



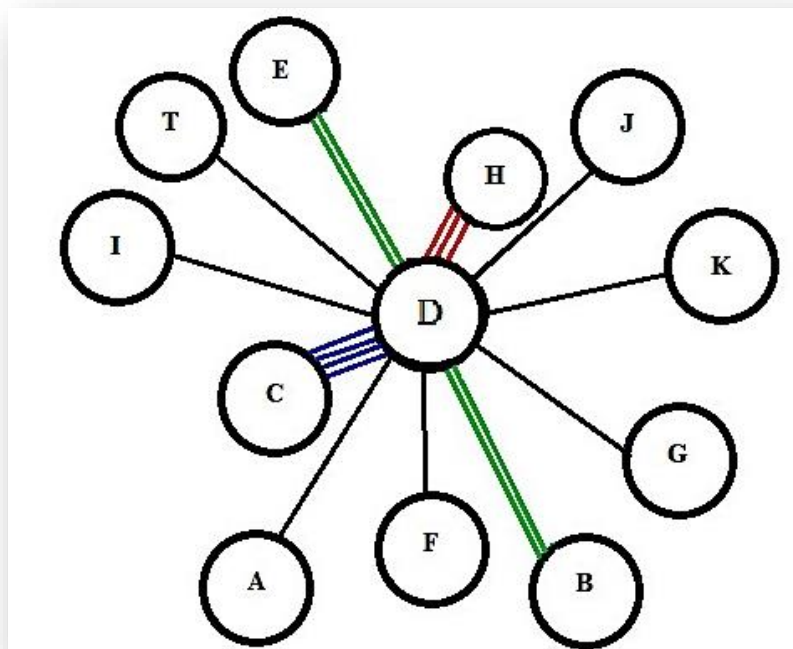
Figura 2. Matriz de Relacionamento



Fonte: Autores (2023)

Através da matriz de relacionamento, é possível elaborar o Diagrama de Proximidades, conforme Figura 3, que representa graficamente as relações. As relações que receberam “A” são interligadas com quatro traços; as que foram classificadas como “E” recebem três traços; as classificadas em “I” receberam dois traços; as que receberam “O” são ligadas por um traço; “U”, sem ligação, portanto, sem traços.

Figura 3. Diagrama de Proximidade



Fonte: Autores (2023)



Através das matrizes “de-para” e de relacionamento, é possível observar onde acontece o maior número de viagens do operador, objeto de análise deste trabalho, sendo caracterizado como maior fluxo. Portanto, observa-se o maior fluxo entre D e C, com 7 viagens, seguido por D e H com fluxo de 4. Esses valores de fluxo foram categorizados como alto para os fins dessa análise. Os fluxos iguais a 3, entre D e E, e entre D e B, foram classificados como médios, e o fluxo entre D e T, D e G, D e J, D e K, podem ser considerados baixos, com 2 viagens, seguidos dos fluxos de apenas 1 viagem, entre D e A, D e F, e D e I.

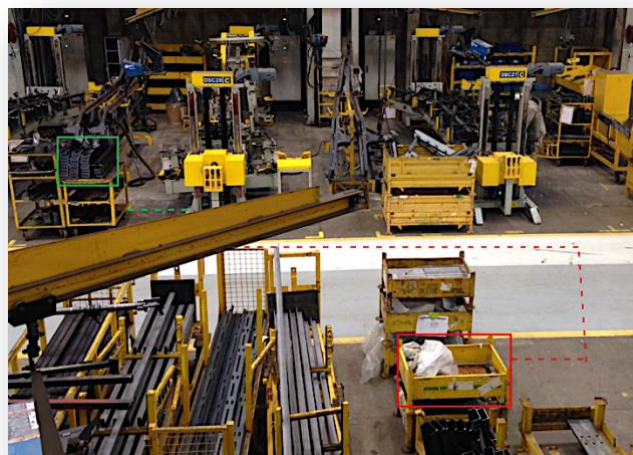
Com os dados analisados, e preservando a finalidade de garantir uma distância menor de movimentação para o trabalhador, é possível aproximar as estações com maior intensidade de fluxo, e evitar o fluxo cruzado entre elas, propondo um rearranjo dos estoques do posto de trabalho.

Baseado no resultado das análises, foram sugeridas mudanças no estoque para os casos mais críticos, que são do estoque C, que possui o maior fluxo de pessoas, e o estoque G, que, apesar de ter um fluxo considerado baixo, apresenta a maior distância até o local de soldagem. Com a localização estratégica desses dois estoques, já se espera ganhos em termos de tempo e produtividade. Todas as mudanças foram propostas baseando-se em um estoque suficiente para atender 4 máquinas, que é a quantidade máxima permitida por turno.

4.1 PROPOSTA PARA O ESTOQUE C

O estoque C, identificado com maior número de viagens realizadas pelo trabalhador, é localizado atualmente na seção inferior direita do layout, logo após o corredor. Os itens 22, 24 e 25, armazenados no mesmo, são de grande porte, tanto em comprimento quanto em peso, e justamente por isso torna-se inviável para o operador cruzar o corredor para buscá-los. Portanto, foi proposto a colocação do estoque desses itens do lado esquerdo do dispositivo de solda, em um carrinho. A posição atual do estoque, e a localização proposta encontram-se na Figura 4, sendo representada em “vermelho” a atual e em “verde” a proposta apresentada.

Figura 4. Posição do estoque atual (vermelho) e posição proposta (verde) para estoque C.



Fonte: Autores (2023)



Para a realocação desses itens, foi realizada uma conversa informal com o operador que executa as atividades desse posto de trabalho no primeiro turno, que relatou que os racks normais, onde as peças ficam acumuladas atualmente, não são suficientemente ergonômicos nem mesmo práticos. As peças são colocadas sem nenhuma ordem, e o tamanho do carrinho não comporta seu comprimento inteiro, sobrando assim as extremidades para fora do mesmo. Isso torna o manejo perigoso, pois, caso alguém esbarre em alguma das peças, pode derrubar diversas delas, causando um acidente de trabalho.

Portanto, considerando esse relato, foi proposta a elaboração de um rack especial, ou seja, específico para os itens em questão. A Figura 5 ilustra o cenário que foi proposto virtualmente para a disposição dos itens. Com a proposta, tanto o abastecimento das peças, quanto a retirada das mesmas é facilitado pela organização e sua disposição no carrinho, que foi feito com as divisórias próprias para os itens.

Dentre esses, o item 24, cor verde na Figura 5, apresenta maior quantidade de peças a serem buscadas, um total de 9, e de acordo com o limite de 16kg imposto pela ergonomia, o trabalhador poderá carregar apenas a quantidade de duas dessas peças por vez, respeitando assim o peso, e garantindo a segurança durante a execução do trabalho. Esses itens foram alocados em hastes, permitindo que fiquem na horizontal, suspensos por um dos furos da própria peça. Dessa forma, o abastecimento das peças no carrinho, e a sua retirada pelo trabalhador, será facilitada, pois a peça irá deslizar. Os itens 22 e 25, cores azul e vermelho na Figura 5, são utilizados uma vez por máquina, e tem sua disposição na parte superior do carrinho, em locais separados.

Figura 5. Carrinho proposto para os itens 22, 24 e 25



Fonte: Autores (2023)



Os itens 24, 25 e 22 poderão prontamente ser alocados nesse rack, que foi totalmente adaptado para o processo, atentando para a disposição dos mesmos de forma organizada, padronizada e com identificação, reduzindo chances de gerar dúvidas e prolongar ainda mais o tempo de procura.

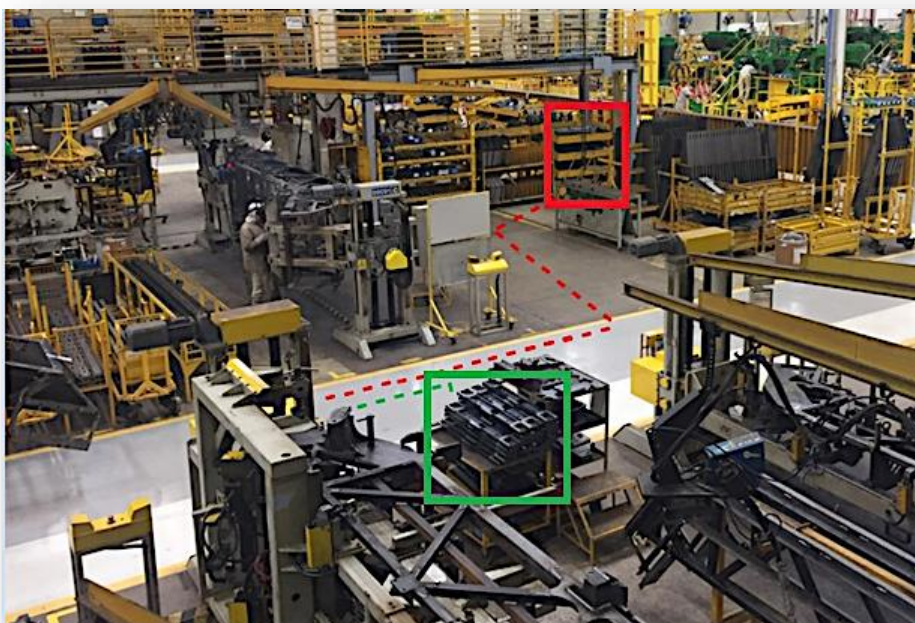
4.2 PROPOSTA PARA O ESTOQUE G

O estoque G é considerado crítico devido à sua localização na parte inferior esquerda do layout, apresentando a maior distância do dispositivo de solda, e além disso, é do lado oposto do corredor, fazendo com que o percurso do trabalhador seja atrapalhado por outros pedestres, empilhadeiras, e até mesmo carrinhos de abastecimento chegando.

Para os itens desse estoque, a sugestão foi a criação de uma bandeja no mesmo carrinho citado para o estoque C, visto na Figura 5, que abrigará as peças em questão, e que irá permitir ao trabalhador buscar as peças no estoque apenas uma vez no início do seu turno de trabalho, e carregar o carrinho com a quantidade que usará durante a produção no turno. Na Figura 5, os itens estão representados pela cor roxa.

O dispositivo anteriormente citado, já foi planejado para comportar a quantidade necessária e do tamanho adequado dos itens 29 e 32, que possuem mais de 1 metro de comprimento, e o mesmo contém as divisórias com o espaçamento correto para separação das peças, tudo com a correta identificação do número do item, para evitar confusão na hora de encontrá-los. Com isso, o estoque G ficará localizado também ao lado do dispositivo de solda, descartando a necessidade de o trabalhador andar uma grande distância precisar atravessar o corredor. A comparação entre o cenário atual e o proposto é mostrado na Figura 6, onde a movimentação em vermelho simboliza a atual e a na cor verde representa a proposta.

Figura 6. Movimentação no cenário atual (vermelho) e no proposto (verde) para o estoque G



Fonte: Autores (2023)



4.3 PROPOSTA PARA OS DEMAIS ESTOQUES

O estoque H, atualmente localizado no canto superior direito do layout, conforme a Figura 1, precisa ser aproximado do dispositivo D, pois com o número de viagens que o operador faz até esse estoque, ele perde uma grande fração de tempo no final do dia. Com isso, a sugestão é que os itens do estoque H se localizem do lado esquerdo do dispositivo de solda, em KLTs (caixas plásticas modulares) pequenas, em um carrinho já existente no local.

Essa sugestão é dada pois os itens 31 e 35 do estoque H são de pequeno porte e se encaixam facilmente em KLTs pequenas e médias. Com isso, pode-se organizar uma das prateleiras do carrinho para dispor duas KLTs com cada um dos itens separadamente, otimizando o espaço perto do dispositivo onde são utilizados.

Considerando agora os estoques com fluxo de três viagens do operador, estoques E e B, é visto que o estoque B, por ser também uma bancada de solda de pequenos itens, sua movimentação é mais restrita, e por ser utilizada para outros processos, optou-se por mantê-la no mesmo lugar.

Os itens do estoque E, 23 e 33 serão movidos para junto do estoque J, com a peça 34, nas suas KLTs próprias utilizadas atualmente, diminuindo a distância percorrida. Ambos estoques contêm itens de pequeno porte, e, alguns deles, como 33 e 34, são utilizados na mesma parte do processo, permitindo que os itens sejam carregados juntos em apenas uma viagem, estando dentro do limite de peso permitido de carregamento pelo trabalhador.

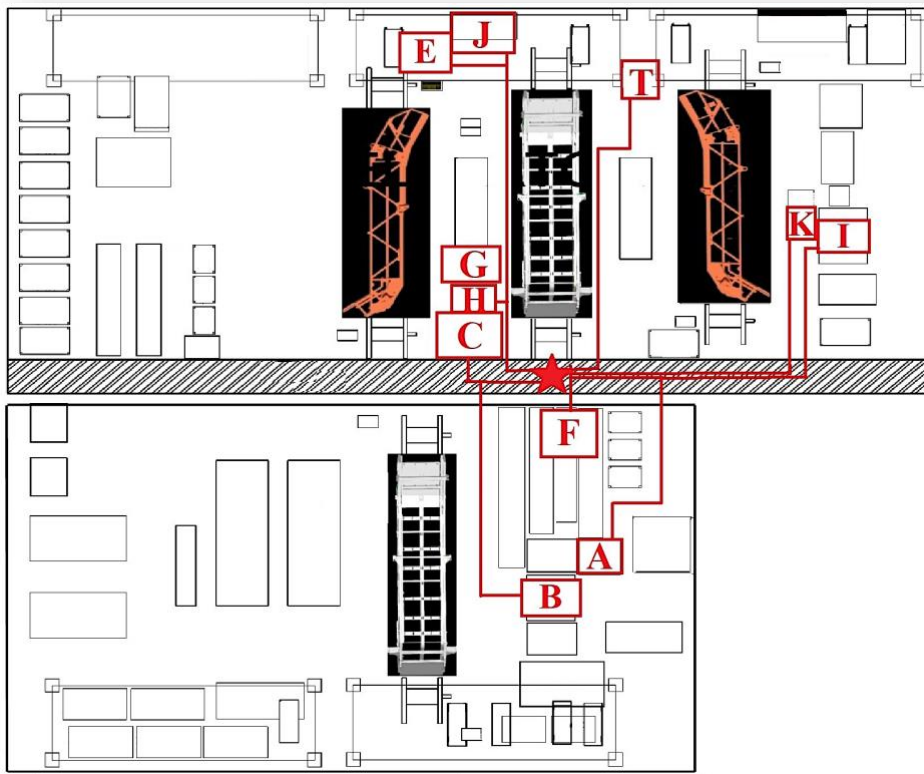
Para os estoques com fluxo de 2 viagens, K e T, a talha possui estrutura fixa no centro produtivo, sendo então mantida nesse lugar. O item 36 do estoque K, é um item pesado, e sua localização depois do corredor, prejudica o deslocamento do operador. Portanto, o estoque K foi proposto ao lado do estoque I, removendo a necessidade do operador atravessar o corredor, e as dimensões do item pedem um container de chão para estoque do mesmo.

Para os itens dos estoques com apenas uma viagem do operador, A, F, e I, é visto que os itens 20, 21 e 30 desses estoques são grandes e de pesos muito elevados, portanto, sua localização será mantida onde se encontra atualmente, afinal, demandam um local grande de armazenagem, e não há disponibilidade dessa área em outro espaço.

O *layout* final, abrangendo todas as propostas a cima citadas, encontra-se na Figura 7, e demonstra os novos fluxos de movimentação do trabalhador.



Figura 7. Layout proposto para o posto de trabalho analisado



Fonte: Autores (2023)

4.4 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA APRESENTADA

As sugestões aqui propostas, tiveram seus resultados mensurados considerando os impactos na distância percorrida pelo trabalhador e conseqüentemente, no tempo despendido para executar tais tarefas. As distâncias entre estoques e o dispositivo de solda foram medidas, para o antes e depois, e uma simulação foi realizada utilizando a distância e considerando o peso dos itens, para identificar a variação do tempo gasto em cada um dos deslocamentos. Os resultados da distância percorrida antes e os esperados para depois, bem como os tempos, são apresentados na Tabela 3, para os itens cuja localização foi modificada.

Tabela 3. Comparação da distância percorrida atual e proposta

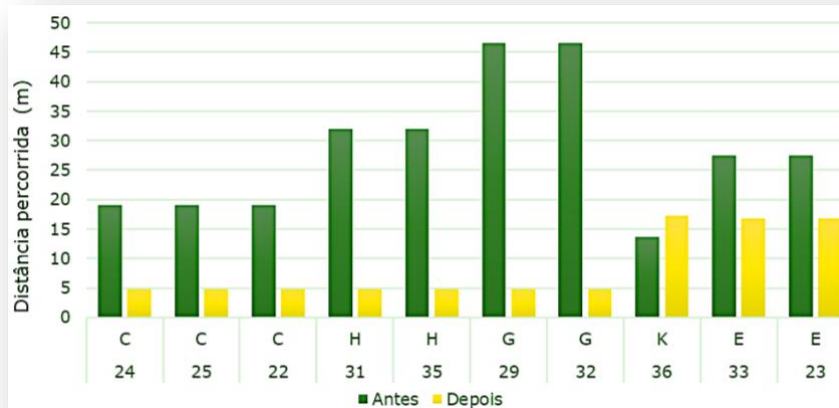
Item	Estoque	Distância percorrida antes (m)	Distância percorrida depois (m)	Variação percentual da distância	Tempo antes (s)	Tempo estimado (s)	Variação Percentual do tempo
24	C	19,13	4,72	-75,33%	71	42	-40,85%
25	C	19,13	4,72	-75,33%	27	12	-55,56%
22	C	19,13	4,72	-75,33%	25	11	-56,00%
31	H	32,03	4,72	-85,26%	44	17	-61,36%
35	H	32,03	4,72	-85,26%	35	8	-77,14%
29	G	46,54	4,72	-89,86%	61	17	-72,13%
32	G	46,54	4,72	-89,86%	52	22	-57,69%
36	K	13,72	17,32	26,22%	58	68	17,24%
33	E	27,40	16,80	-38,69%	38	26	-31,58%
23	E	27,40	16,80	-38,69%	35	23	-34,29%

Fonte: Autores (2023)



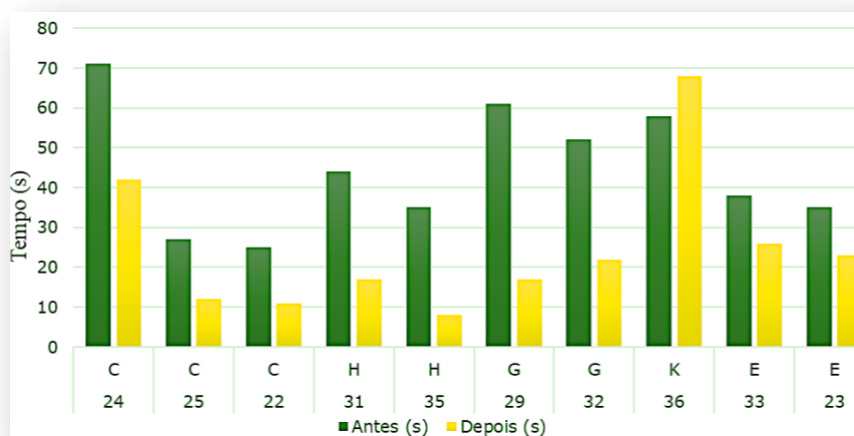
Os dados foram colocados em um gráfico comparativo, demonstrando a variação que se espera na distância percorrida, que pode ser verificado nas Figuras 8 (em relação à distância) e 9 (em relação ao tempo).

Figura 8. Gráfico comparativo das distâncias percorridas atualmente (antes) e a estimada (depois).



Fonte: Autores (2023)

Figura 9. Gráfico comparativo dos tempos atuais (antes) e o estimado (depois)



Fonte: Autores (2023)

É possível observar que grande parte das sugestões surgiram de diminuições significativas de distância e de tempo gasto pelo operador na execução dessas movimentações, sendo que apenas para o item 36, as mudanças propostas tiveram resultados inviáveis, com o aumento da distância e do tempo gastos. Como o intuito do estudo era o de diminuir o tempo e a distância, as mudanças para esse item foram desconsideradas dos demais cálculos, prevalecendo para ele a distância e o tempo iguais ao inicial.

Com isso, a soma do tempo atual resulta em 388 segundos para a realização das atividades aqui descritas, e o tempo estimado com base nas mudanças foi de 178 segundos, demonstrando uma variação de 210 segundos, considerando valores para a produção de 1 máquina.



Diferença entre tempos=388-178=210 segundos

Supondo que a produção para o próximo ano esteja prevista para 600 máquinas, dividindo por 12 meses, resulta em 50 máquinas por mês. Multiplicando o valor da economia de tempo de 210 por 50 máquinas, tem-se que a economia total de tempo por mês é de 10.500 segundos, ou 2 horas e 55 minutos a menos por mês que o trabalhador gastaria nesse centro de trabalho.

Economia de tempo/mês = 210x50 = 10.500 segundos

Com essa diminuição no tempo gasto, pode haver um aumento nas taxas de produtividades do trabalhador, de acordo com as métricas da empresa, e, além disso, com o tempo disponível, ele pode realizar outras atividades, treinamentos e estudos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas vezes encontra-se nas organizações oportunidades de melhorar seu processo cada vez mais, através de pequenas mudanças em atividades de rotina. Observar se o trabalhador se movimenta demasiadamente, e verificar mais a fundo essa movimentação, é uma forma de verificar se o processo é eficiente. Também é preciso analisar se é possível diminuir as distâncias percorridas, otimizar o tempo gasto, realizar mudanças no ambiente de forma a organizá-lo de forma mais propícia ao desenvolvimento das atividades.

Para essas análises, é viável utilizar conceitos do estudo de tempos e movimentos aplicadas em conjunto com as teorias de layout e das movimentações, assim como foi realizado neste trabalho, sendo possível analisar e compreender a importância desses conceitos, com a finalidade de diminuir movimentações desnecessárias em um centro produtivo.

Com a aplicação de conceitos e métodos na área de estudo, foi possível simular uma diminuição de 2 horas e 55 minutos por mês, para o desenvolvimento das atividades no posto de trabalho analisado, através da mudança de posicionamento de estoques críticos para o processo, levando em consideração o tamanho dos itens, o peso, e o tipo de acomodação mais indicada para os mesmos.

Dessa forma, os objetivos do trabalho de analisar o posto de trabalho atual, verificar a movimentação e o tempo gasto nas etapas do processo, e propor formas de otimizar o espaço físico, foram atingidos. Através deles, os níveis de produtividade do trabalhador foram verificados, assim como os benefícios que essa melhoria poderia trazer.

A fim de beneficiar ainda mais a empresa e o trabalhador, é possível que no futuro seja realizada uma continuação deste estudo, e que possa englobar todas as demais etapas do processo produtivo, que aqui neste trabalho não foram consideradas por motivos de prazo para estudo e realização. O processo realizado nas laterais do item, por exemplo, conforme citado no início do trabalho, também possui potencial para ser estudado, visto que o processo exige que o trabalhador se desloque para buscar peças para soldagem igualmente nesses casos.



Além disso, é possível estender este estudo para os demais postos da empresa, como os de montagem, o do setor de primários onde são alocadas as chapas e tubos, o almoxarifado de onde saem os materiais que serão utilizados, pois é uma ferramenta aplicável em todo qualquer ambiente.

Este projeto trouxe à tona aspectos muitas vezes esquecidos nas organizações, como o tempo que os trabalhadores estão gastando em partes do processo que não irão agregar valor ao produto final. No caso estudado, é perceptível que o trabalhador somente é produtivo e gera valor quando está soldando, e não quando está se movimentando no centro de trabalho.

Este estudo também demonstrou que a otimização dos processos produtivos é possível, de forma simples, não somente através do investimento de grandes quantias ou da mobilização de um grande número de pessoas, mas sim, por meio de mudanças acessíveis e tangíveis, e com baixo custo para a corporação.

REFERÊNCIAS

- Barnes, R. M. (1997). *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher.
- Contador, J. C. (Coord.) (2010). *Gestão de operações: Engenharia de Produção à serviço da modernização da empresa*. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA.
- Fiedler, N. C., Wanderley, F. B., Nogueira, M., Oliveira, J. T. S., Guimarães, P. P., & Alves, R. T. (2009). Otimização do layout de marcenarias no Sul do Espírito Santo baseado em parâmetros ergonômicos e de produtividade. *Revista Árvore*, 33(1), 161-170.
- Riveira, C. (2022). Brasil cai duas posições e é 59º em ranking de competitividade global. Veja as lições para o país. *Revista Exame*. Recuperado de: <https://exame.com/economia/brasil-ranking-competitividade-2022/>
- Muther, R. & Hales, L. (1978). *Systematic Layout Planning*. 4a. edição. Georgia: MIRPB.
- Peinado, J. & Graeml, A. R. (2007). *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. 1 ed. Curitiba: UnicenP. 750p.
- Prates, G. A. (2007) Reflexão sobre o uso da ergonomia aliado à tecnologia: Propulsores do aumento da produtividade e da qualidade de vida no trabalho. *RACRE - Revista de Administração*, Esp. 7(11), jan/dez.
- Santos, P. H. A., dos., Souza, A. P., de., Marzano, F. L. C., & Minette, L. J. (2013) Produtividade e Custos de Extração de Madeira de Eucalipto com Clambunk Skidder. *Revista Árvore*, 37(3), 511-188.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas.
- Stevenson, W. J. (2001). *Administração das operações de produção*. Rio de Janeiro: LTC. p. 440-469.
- Sule, D. R. (2009). *Manufacturing Facilities: location, planning and design*. 3. Ed. Taylor & Francis Group, LLC.
- Taylor, F. W. (2012). *Princípios de administração científica*. 8 ed. São Paulo: Atlas.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. 4. ed. New York: John Wiley & Sons.
- Vian, E. F. & Junior, A. M. A. (2013). Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(4), 719-744.
- Villarouco, V. & Andreto, L. F. M. (2008). Avaliando desempenho de espaços de trabalho sob o enfoque da ergonomia do ambiente construído. *Produção*, 18(3), 523-539. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132008000300009>
-

