



ANÁLISE DE LAYOUT PARA MELHORIA DE PRODUTIVIDADE DO PROCESSO DE SOLDAGEM EM UMA FÁBRICA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS

LAYOUT ANALYSIS TO IMPROVE THE PRODUCTIVITY OF THE WELDING PROCESS IN AN AGRICULTURAL EQUIPMENT FACTORY

ANÁLISIS DE LAYOUT PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE SOLDADURA EN UNA FÁBRICA DE EQUIPOS AGRÍCOLAS

David da Silva Borges ^{1*} & André Alves de Resende ²

^{1,2} Universidade Federal de Catalão, Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia

^{1*} borgesdavid@yahoo.com.br ² aaresende@ufcat.edu.br

ARTIGO INFO.

PALAVRAS-CHAVE: Produtividade; soldagem; layout; fluxograma; digrama de espaguete.

KEYWORDS: Productivity; welding; layout; flowchart; spaghetti diagram.

PALABRAS CLAVE: Productividad; soldadura; disposición; diagrama de flujo; diagrama de espaguete.

*Autor Correspondente: Borges, D. da S.

RESUMO

Avaliar e melhorar a produtividade no processo de soldagem em indústria de manufatura é um grande desafio para gestores e equipe de engenharia de fábrica. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é reduzir movimentações dos soldadores durante a fabricação e soldagem de um chassi de máquinas agrícolas por meio de análise do layout e fluxograma de processo. O objeto deste estudo foi definido conforme estação de trabalho de menor índice de produtividade, a partir desta definição, foram criadas propostas de novo layout e fluxograma de processo aplicando a ferramenta diagrama de espaguete. A ferramenta possibilitou entender o cenário atual relacionado a movimentações, intersecções de percursos, distâncias percorridas e arranjo físico de todos os componentes que compõem uma estação de trabalho, requeridos durante o ciclo de trabalho. Estas análises e aplicações resultaram em uma nova definição do nível de qualificação de mão de obra para soldadores na estação de trabalho, bem como redução de 12% na área ocupada e 22% na distância percorrida. De forma simples, se mostrou uma ferramenta útil para estas análises.

ABSTRACT

Evaluating and improving productivity in the welding process in the manufacturing industry is a great challenge for factory engineering personnel and managers. In this sense, the purpose of this study is to reduce the movement of welders during the manufacture and welding of a chassis of agricultural machines through layout analysis and process flow chart. The object of this study was defined as the workstation with the lowest productivity index, from this definition, proposals were created for new layout and process flow chart applying the spaghetti

diagram tool that made it possible to understand current scenario related to movements, intersections of paths, distances traveled and physical arrangement of all components that make up a workstation, required during the work cycle. These analyzes and applications have resulted in a new definition of the labor qualification level for welders in the workstation, as well as a 12% reduction in the area occupied and 22% reduction in the distance traveled. Simply put, it proved to be a useful tool for these analyzes.

RESUMEN

Evaluar y mejorar la productividad en el proceso de soldadura en la industria manufacturera es un gran desafío para los gerentes de fábrica y el personal de ingeniería. En este sentido, el objetivo de este estudio es reducir los movimientos de los soldadores durante la fabricación y soldadura de un chasis de maquinaria agrícola a través del análisis del diagrama de flujo de diseño y proceso. El objeto de este estudio se definió de acuerdo con el puesto de trabajo con menor índice de productividad, en base a esta definición se generaron propuestas para un nuevo diagrama de flujo de diseño y procesos, aplicando la herramienta de diagrama espaguete. La herramienta permitió comprender el escenario actual relacionado con los movimientos, intersecciones de rutas, distancias recorridas y disposición física de todos los componentes que componen un puesto de trabajo, requeridos durante el ciclo de trabajo. Estos análisis y aplicaciones resultaron en una nueva definición del nivel de calificación laboral de los soldadores en el puesto de trabajo, así como una reducción del 12% en el área ocupada y del 22% en la distancia recorrida. En pocas palabras, demostró ser una herramienta útil para estos análisis.



INTRODUÇÃO

Produtividade pode ser definida como uma medida ou índice de eficácia de um processo, operação ou atividade com base em seus recursos disponíveis em um certo período. Assim, refere-se a uma medida de eficiência do sistema integrado composto por recursos financeiros, mão-de-obra, materiais, máquinas e tempo (Sreekumar; Chhabra, & Yadav, 2018).

Portanto, nota-se que o tempo é uma variável que exerce grande influência na avaliação de produtividade, sendo que, quanto menor seu valor empregado na geração do produto, maior será o índice da produtividade. Neste sentido, conforme exposto por Cortés et al., (2021), diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de melhorar a produtividade dos processos de fabricação, por meio de avaliações dinâmicas nas etapas de entrada, transformação e saída, buscando práticas modernas para se produzir cada vez mais, reduzindo os custos na mesma proporção.

A produtividade é um dos principais índices aplicados na avaliação de desempenho dos processos de fabricação em empresas de manufatura. Os processos de fabricação, de acordo com Groover (2010), estão divididos em operações de processamento e de montagem. Dentre as operações de montagem, destaca-se o processo de soldagem, que consiste em um processo de união permanente.

A soldagem é um importante processo de fabricação usado para produzir uma montagem ou estrutura a partir da união de metais por meio do aquecimento do material a uma temperatura adequada (Omar et al., 2018; Choudhury & Chandrasekaran, 2017). Em muitas organizações, a soldagem é um processo core para produção dos seus bens. Portanto, o seu índice de produtividade deve ser bem controlado.

Existem diferentes ferramentas que podem ser aplicadas aos processos produtivos para melhoria da produtividade, como o diagrama de espaguete. Conforme exposto por Niemann, Reich e Stöhr (2021), nesta ferramenta, os fluxos de materiais são mostrados com o diagrama para eliminar os tipos de desperdício “transporte” e “movimentação” e, assim, criar um processo o mais enxuto possível. Ao aplicar esta análise de processo, um alto nível de transparência é gerado dentro do processo existente. Perdas de eficiência são evidentes devido às distâncias utilizadas pelos funcionários, mas também perdas decorrentes de um layout abaixo do ideal. Daneshjo et al. (2021) acrescentam que o diagrama de espaguete pode ser usado para avaliação de mudanças de layout de áreas de produção menores.

Diante deste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de propor um layout para redução da movimentação ocorrida em uma estação de soldagem em uma empresa de máquinas agrícolas. O desenvolvimento deste trabalho torna-se relevante tendo em vista que a empresa tem apresentado valores para o índice de produtividade, frequentemente, abaixo da meta estabelecida.



REFERENCIAL TEÓRICO

LAYOUT

O arranjo físico (*layout*) de uma operação ou processo corresponde à maneira pela qual os recursos de transformação, como máquinas e equipamentos, são posicionados entre si, como suas várias tarefas são alocadas em relação aos recursos de transformação e a aparência geral desses recursos (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2018).

Diante desta definição, observa-se que seu bom projeto é de suma importância para a organização. Nesse sentido, Okpala et al. (2016) ressaltam que um layout de fábrica bem projetado fornece uma sinergia ideal entre matérias-primas, processos de fabricação, espaço disponível e produção. Singh (2012) acrescenta que um layout de planta ideal fornece a relação ideal entre produção, área útil e processo de fabricação, além de afetar o fluxo de materiais e processos, eficiência da mão de obra, supervisão e controle, uso do espaço e possibilidades de expansão.

Para obter melhorias do layout com o objetivo de reduzir distância de deslocamentos, conseqüentemente, tempo de processo, ferramentas podem ser empregadas, das quais destaca-se o diagrama de frequência dos deslocamentos.

DIAGRAMA DE FREQUÊNCIA DOS DESLOCAMENTOS

Diagramas de frequência dos deslocamentos representam uma subdivisão dos processos em função do tempo (Barnes, 1977). Estão relacionadas às distâncias percorridas durante as etapas do processo. Uma das ferramentas mais simples a ser utilizadas é o diagrama de espaguete, pois fornece de maneira visual, com o uso de linhas do ponto de início e fim, a combinação entre movimentos e etapas dentro dos processos para melhor eficácia e eficiência na realização do trabalho, sendo definidos como gráficos essenciais em estudos e desenvolvimento de operações e trabalho padronizado (Brant, 2020).

Por meio do diagrama de espaguete, os movimentos podem ser mapeados para os vários operadores das estações de trabalho e para cada tipo de produto. Utilizando cores diferentes, a construção do diagrama permite calcular o tamanho final das distâncias percorridas e suas repetições. Assim, possibilita uma avaliação da redução e eliminação de movimentação desnecessária ou ineficiente na otimização de layout dentro das estações de trabalho (Senderská; Mareš, & Václav, 2017). Para auxiliar no mapeamento dos movimentos, fluxogramas podem ser construídos.

FLUXOGRAMA

Combinando-se os símbolos do fluxo de processos com linhas de direção das operações nas plantas ou layout, é possível obter uma visualização ainda melhor de todas as etapas e operações, adicionando anotações aos símbolos, obtém-se o fluxograma, proporcionando maior clareza às etapas do processo avaliado (Barnes, 1977). Conforme Groover (2013), os fluxogramas fornecem uma imagem detalhada do processo sendo útil para compreensão no estudo de análise de operações. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) ressaltam a importância da utilização dos fluxogramas na determinação de melhorias, pois permitem identificar problemas e proporcionam mais clareza sobre os mecanismos ou funcionamentos



internos de uma operação. De acordo com Peinado e Graeml (2007), existem diferentes formas para desenhar os fluxogramas, não havendo uma forma rígida na sua elaboração.

METODOLOGIA

Para desenvolvimento do presente trabalho, foram estabelecidas cinco etapas, a saber: escolha do objeto de estudo; construção do fluxograma de processo; elaboração do layout da estação de trabalho; desenvolvimento do diagrama de espaguete; e proposição de melhorias. A escolha do objeto de estudo, estação de trabalho a ser investigada, foi feita por meio da observação dos valores de produtividade apresentados durante os seis meses antecedentes ao início deste trabalho. Os dados foram fornecidos pela empresa. Assim, estes foram analisados e escolheu-se a estação de trabalho que apresenta menor produtividade, em relação à meta da empresa.

Primeiramente construiu-se o fluxograma linear de processo. Para tanto, analisou-se as filmagens, cedidas pela organização, e registou-se as etapas realizadas e sua sequência. Nessa etapa, além de identificar as atividades executadas e sua sequência, identificou-se a distância percorrida pelo operador em cada etapa de movimentação. Para construção do diagrama de espaguete e posterior identificação de melhorias, o layout da estação de trabalho foi estruturado de forma esquemática. Para essa etapa, Gemba Walk, exercício de caminhar pelo chão de fábrica onde o trabalho acontece, e observar os processos, foi realizado. Foram observadas as disposições de todos os equipamentos, gabaritos e embalagens.

De forma a evidenciar a frequência dos deslocamentos, foi elaborado o diagrama de espaguete, por meio de representação por linhas, que indicam o deslocamento do operador. Para tanto, utilizou-se o esquema elaborado do layout da estação de trabalho e a sequência de atividades determinadas no fluxograma de processo. Após essas etapas que forneceram dados para análise, melhorias para o layout e sequência de operação foram propostas. Para identificação de melhorias, sessão de brainstorming foi feita com a participação do engenheiro responsável pela estação de trabalho, soldador e líder de produção. Assim, um novo fluxograma de processo foi elaborado e o diagrama de espaguete para o cenário proposto foi construído.

RESULTADO E DISCUSSÃO

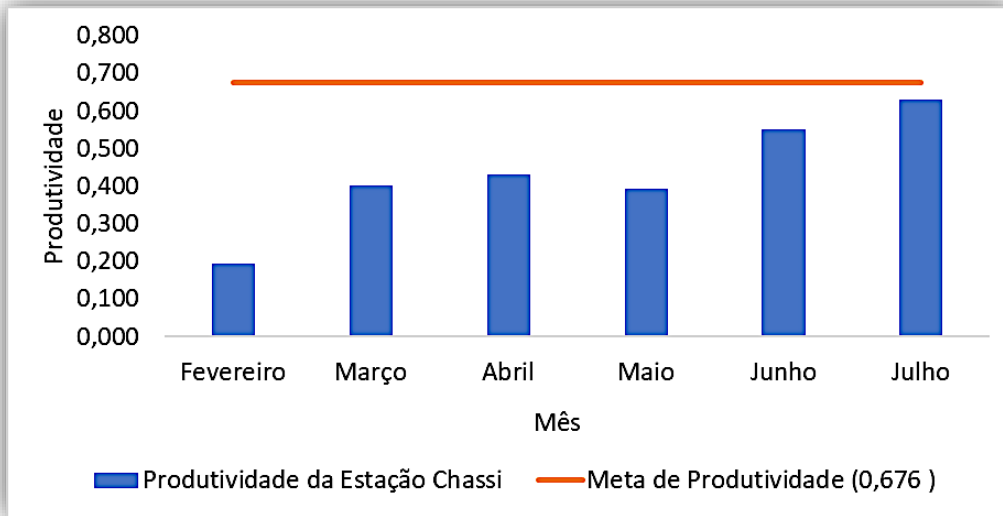
IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A estação de trabalho escolhida para desenvolvimento do presente trabalho é responsável pela fabricação do chassi de um modelo de máquina produzida pela empresa. Esta apresenta baixos valores para o indicador de produtividade. A meta de produtividade da empresa é de 0,676 e a estação objeto de estudo tem apresentado valores abaixo deste objetivo, conforme pode ser observado na Figura 1, em que mostra os dados de produtividade para o período de 6 meses (fevereiro a julho), antecedentes ao desenvolvimento do presente trabalho. Esta estação é composta por 5 gabaritos, nos quais ocorrem as etapas de montagem e soldagem do chassi. Destaca-se que gabarito (dispositivo mecânico que auxilia



as montagens dos componentes) é um dispositivo mecânico que auxilia as montagens dos componentes.

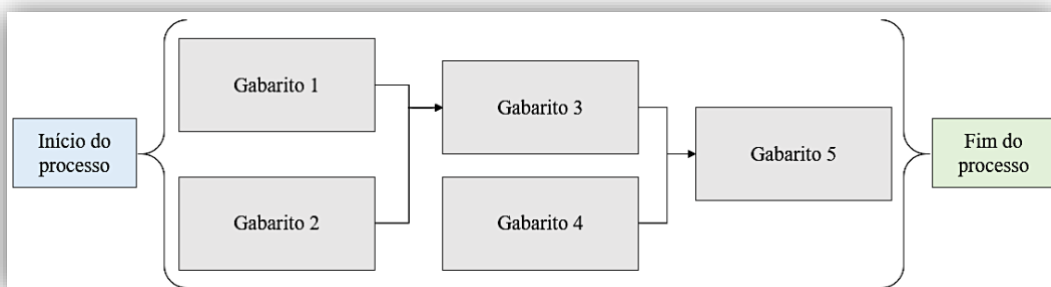
Figura 1. Produtividade da estação do chassi durante o período de fevereiro a julho de 2022



ANÁLISE DO PROCESSO

Para análise das atividades desenvolvidas na estação e posterior investigação de deslocamentos dentro desta, foram criados os fluxogramas do processo. Para tanto, necessitou-se realizar o detalhamento das atividades executadas pelo operador. Todas as movimentações foram observadas e documentadas. Além disso, as distâncias percorridas foram identificadas. Assim, para compreensão geral do processo analisado, o fluxograma global, considerando as atividades desenvolvidas nos cinco gabaritos da estação de soldagem, foi construído (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma de processo da estação de trabalho analisada



Todas as atividades são executadas por um operador de forma sequencial. No Gabarito 1, são realizadas 31 atividades, dentre as quais, 14 são de movimentação do operador de um local para outro. Essas totalizam uma distância percorrida de 74,1 m. No gabarito 2, de um total de 52 etapas, 16 são referentes à movimentação, que correspondem a 162,8 m. No gabarito 3, são executadas 28 etapas das quais 9 correspondem à movimentação, com 66,4 m percorridos pelo operador. No gabarito 4 são desenvolvidas 55 atividades, sendo 14 de movimentação, com distância percorrida de 130,5 m. Já no gabarito 5, de 27 atividades, 11



são de movimentação com distância percorrida de 253,1 m. Assim, como pode ser observado na Tab. 1, nota-se que, do total de 193 atividades, 64 correspondem às atividades de movimentação, com 686,9 m percorridos pelo operador. Ressalta-se que esse valor corresponde à movimentação para produção de um chassi. No dia, são produzidos, em média, 5 chassis. Considerando o ano fiscal de trabalho com 21 dias trabalhados no mês, tem-se a produção média de 1260 chassis anuais. Portanto, o operador movimenta, em média, no ano, para produção do chassi nesta estação de trabalho, 865.494 m.

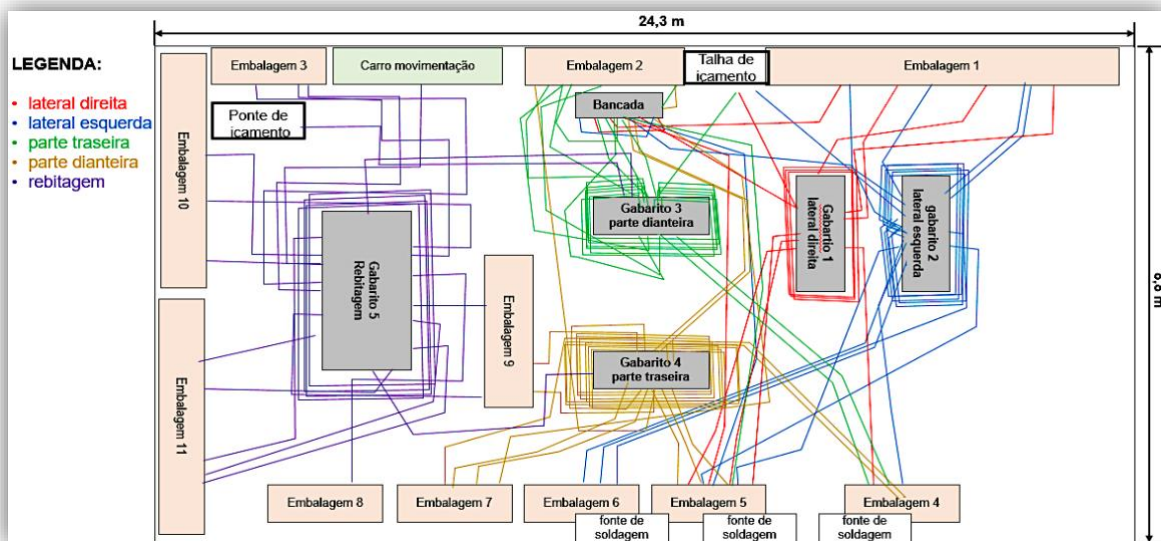
Tabela 1. Dados de movimentação na estação de trabalho para produção de um chassi

Gabarito	Nº total de atividades	Nº de atividades de movimentação	Movimentação (m)
1	31	14	74,1
2	52	16	162,8
3	28	9	66,4
4	55	14	130,5
5	27	11	253,1
Total	193	64	686,9

ANÁLISE DO LAYOUT DA ESTAÇÃO DE TRABALHO E DIAGRAMA DE ESPAGUETE

A estação de trabalho é constituída por ~ 214 m², preenchidos com embalagens de peças nas extremidades, gabaritos de soldagem na região central, corredores de acesso entre estes equipamentos, braços giratórios suspensos para sustentação das fontes de soldagem e carro para movimentação do conjunto soldado finalizado até processo de pintura. Para melhor compreensão das movimentações realizadas dentro da estação de trabalho, o diagrama de espaguete foi construído, conforme pode ser observado na Fig. 3. No layout atual, a maioria das embalagens estão dispostas nas extremidades da estação de trabalho. Destaca-se que as embalagens são abastecidas com as peças que serão utilizadas durante todo o processo de fabricação do chassi que ocorre nesta estação.

Figura 3. Diagrama de espaguete para o processo atual



Algumas observações pontuais de movimentações que ocorrem a partir de cada gabarito podem ser elencadas, a saber:

- Gabarito 1: o soldador retira peças nas embalagens 1 e 6 e as transporta para a bancada para realização de ponteamto e soldagem de subconjuntos; estes, por sua vez, são movimentados para o gabarito 1; para realização das demais operações, o soldador busca peças nas embalagens 1, 4, 5 e 6, à medida em que são necessárias; para finalizar, o operador movimenta-se para pegar a talha e levar o componente final deste gabarito para a bancada.
- Gabarito 2: o soldador retira peças nas embalagens 1 e 6 e as transporta para a bancada para realização de ponteamto e soldagem de subconjuntos; estes, por sua vez, são movimentados para o gabarito 2; neste local, peças são buscadas nas embalagens 1, 4, 5 e 6, quando estas são necessárias. Tendo em vista a quantidade de peças para realização das atividades neste gabarito, o número de deslocamentos até as embalagens é alto. Ao finalizar as atividades no gabarito, há deslocamento para utilizar a talha de içamento e movimentar o conjunto lateral esquerdo para a bancada.
- Gabarito 3: o soldador retira as peças nas embalagens 2 e 4 e as transporta para a bancada para realização de ponteamto e soldagem de subconjuntos; além destes, ele realiza a movimentação das laterais direita e esquerda, que aguardavam na bancada, para o gabarito 3, para tanto, desloca-se para utilizar a talha; para concluir o processo, ele desloca-se até a embalagem 4 e 5, buscando peças menores.
- Gabarito 4: o soldador retira as peças das embalagens 2 e 5 e as transporta até a bancada, onde são realizados a montagem e ponteamto dos subconjuntos; após essa etapa, estes são direcionados para o gabarito 4; neste local, peças são retiradas nas embalagens 4, 5, 6, 7 e 9 quando estas são necessárias, até finalização do ciclo.
- Gabarito 5: o soldador retira o subconjunto montado frontal da bancada e o subconjunto montado traseiro do gabarito 4 e leva até o gabarito 5; movimenta duas vigas da embalagem 9; transita entre as embalagens 3, 10 e 11 para pegar peças, de acordo com a sequência de operação; finaliza movimentando o chassi até o carro de pintura que se encontra na outra extremidade da estação de trabalho.

Ao realizar análises dos dados obtidos a partir da aplicação do fluxograma de processo e diagrama de espaguete, algumas constatações foram feitas e melhorias propostas.

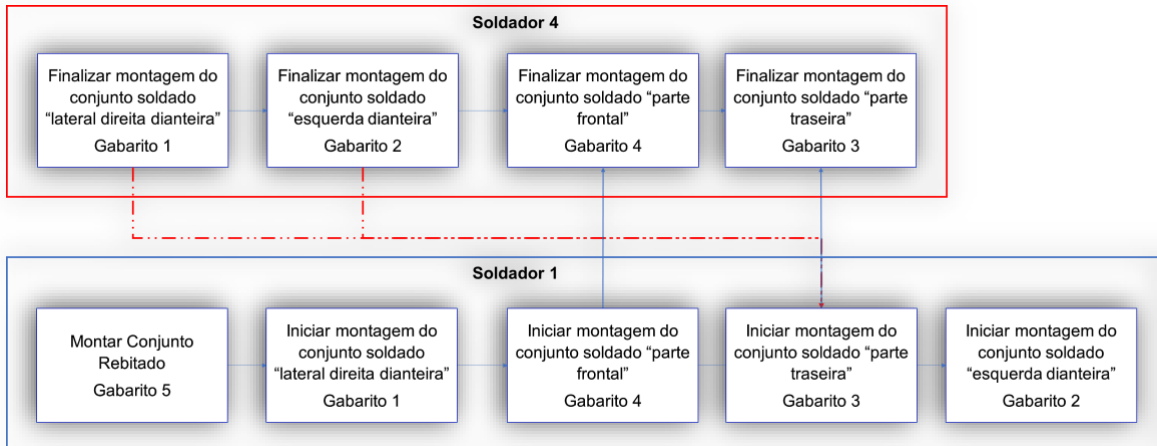
PROPOSTA DE NOVO FLUXO DE PROCESSO

Uma constatação importante realizada nas análises dos resultados no emprego das ferramentas é que um único soldador fica ativo em todas as atividades, sendo responsável pelas movimentações, montagens, soldagens etc. de forma sequencial. Destaca-se que este profissional é qualificado para operação de soldagem, com nível técnico superior (em uma escala de 1 a 4, este é soldador nível 4). O salário aumenta conforme o nível. Assim, tem-se que há a utilização de mão de obra qualificada para realizar operações de menor complexidade, que poderiam ser realizadas por um soldador nível 1. Portanto, sugere-se que seja feita a divisão das atividades de forma que o soldador de maior qualificação (nível 4) opere, em sua maioria, atividades que demandem mão de obra mais qualificada.



Desta forma, o presente trabalho propõe uma divisão de tarefas conforme é mostrado na Fig. 4. Nota-se que há a sugestão da inserção de mais um operador para desenvolvimento das atividades nesta estação de trabalho. Este, soldador de nível 1, seria responsável por atividades menos complexas, como movimentação, montagem e rebiteagem.

Figura 4. Fluxograma proposto, considerando dois soldadores, um de nível 1 e um de nível 4



O fluxograma proposto foi idealizado considerando um cenário com as seguintes características: As atividades do gabarito 3 e 4 deverão ser concluídas, no final de cada turno, de forma a possibilitar a montagem do chassi, no gabarito 5 pelo soldador 1, no início do próximo turno; As atividades iniciais realizadas nos gabaritos 1 e 2 deverão ser concluídas pelo soldador 1 em cada ciclo de trabalho, de forma a possibilitar que, no próximo ciclo, o soldador 4 execute as suas atividades nestes gabaritos no início do turno de trabalho.

Assim, observa-se que, no fluxograma proposto, o soldador de nível 1 (Soldador 1) irá realizar as atividades menos complexas, que se concentram, em sua maioria, no início do processo realizado em cada gabarito. Além disso, destaca-se que, no gabarito 5, todas as atividades serão desenvolvidas pelo soldador 1, pois elas correspondem a atividades de movimentação, montagens e rebites, não sendo necessária a mão de obra especializada no nível 4 para serem desenvolvidas.

PROPOSTA DE NOVO LAYOUT

Ao observar as movimentações de maneira visual, pelo diagrama de espaguete, observou-se que há diversos pontos de cruzamento e longas distâncias percorridas pelo soldador. Assim, análises no layout foram feitas de maneira a identificar melhorias neste, objetivando a redução do deslocamento. As sugestões de alteração, respeitando as restrições do processo são: Posicionamento das embalagens das peças próximo ao gabarito onde serão utilizadas; Posicionamento dos gabaritos de forma sequencial para tornar o fluxo mais claro e reduzir as distâncias entre estes.

Na Figura 35, pode-se observar o projeto do layout proposto, considerando as observações supracitadas. É importante destacar que essa proposta possibilita a redução da área da estação de trabalho em 24,64 m², conforme mostrado na Fig. 5. O espaço proporcionado



Citação (APA): Borges, D. S. & Resende, A.A. (2023). Análise de layout para melhoria de produtividade do processo de soldagem em uma fábrica de equipamentos agrícolas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(5), Edição Especial "Lean além da Manufatura", 29-39.

pela adequação do layout pode ser empregado para outras atividades da organização. Uma necessidade atual é a criação de um local para qualificação de soldadores, que é feita de maneira não estruturada. Assim, pode-se organizar o espaço criado de maneira a possibilitar a realização de treinamento de soldadores. Além disso, esse espaço pode ser utilizado para realizar treinamentos de reciclagem.

Figura 5. Projeto do Layout proposto

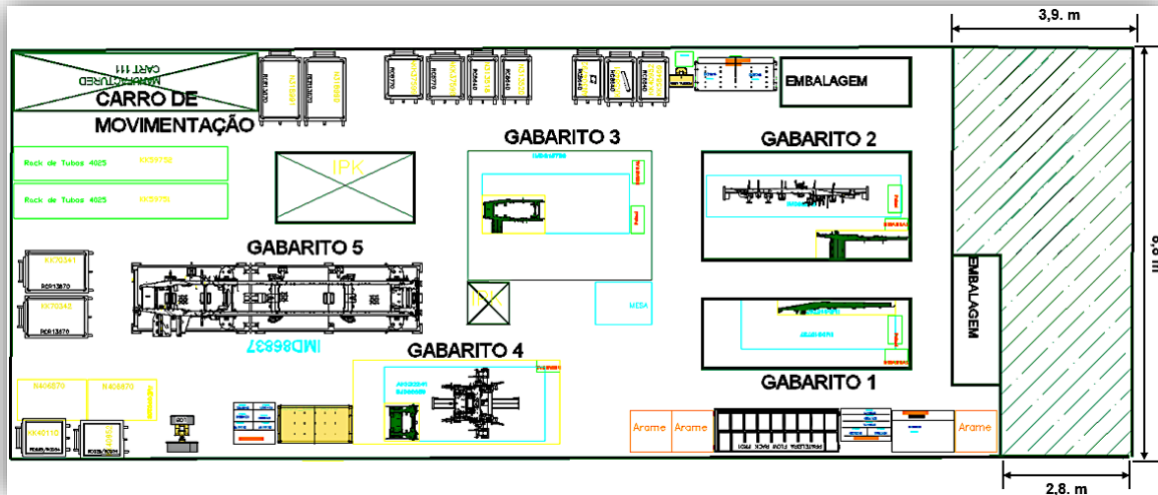
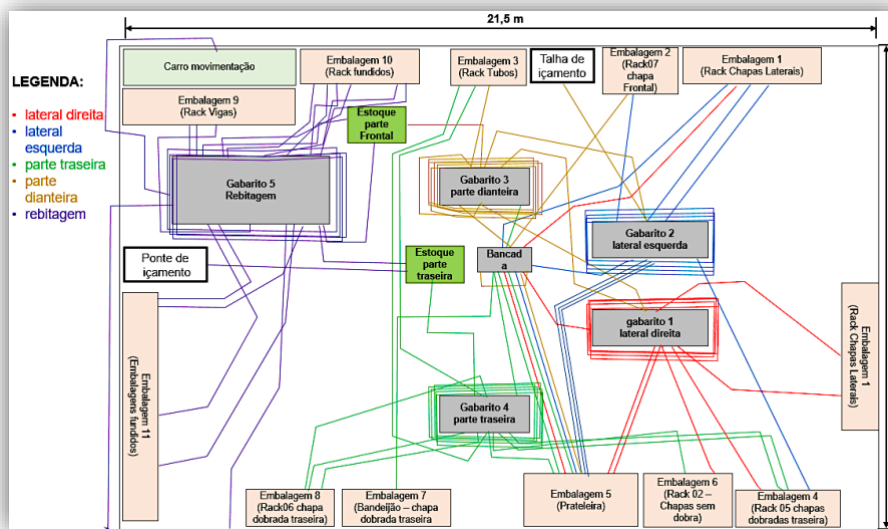


DIAGRAMA DE ESPAGUETE PARA O CENÁRIO PROPOSTO

Com a proposta de alteração de layout e considerando o novo fluxo de atividades, o diagrama de espaguete foi construído, conforme mostrado na Fig. 6. Quanto à distância de deslocamento com o novo cenário, tem-se uma redução de 156,2 m a serem percorridos, que correspondem a 22 % do valor atual. Essa redução poderá proporcionar diversos benefícios para a empresa, como redução no tempo de processo, contribuindo com a melhoria da produtividade, que está abaixo da meta. Além disso, poderá reduzir a fadiga do operador, impactando também no aumento da produtividade do seu trabalho.

Figura 6. Diagrama de espaguete com layout proposto



Cabe destacar que, além de reduzir o tempo de processo e deslocamento da estação de trabalho investigada, este cenário proposto permite a redução do custo da mão de obra. O salário do soldador é de acordo com seu nível, sendo que o Soldador 4 recebe, aproximadamente, R\$ 19,00 por hora trabalhada e o Soldador 1, recebe, aproximadamente, R\$ 11,00/h. Considerando estes valores e os tempos em que cada um realizará atividades nesta estação de trabalho e que são produzidos 402 chassis por ano, poderá ocorrer uma redução anual de, aproximadamente, R\$ 3184,89 com mão de obra, nesta estação de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do *layout* pode proporcionar ganhos para uma organização, de forma a contribuir para a melhoria da sua produtividade e, conseqüentemente, competitividade. Isso porque, ao se tornar mais produtiva, ela reduzirá seus custos, que permitirá o aumento dos seus lucros e/ou redução do preço do seu produto, que pode contribuir para o aumento das vendas.

A partir do desenvolvimento deste estudo, por meio da aplicação do fluxograma de processo e diagrama de espaguete, propostas para significativas melhorias foram feitas. Por meio de análise dos dados, observou-se que o colaborador qualificado desenvolve diversas atividades menos complexas, que poderiam ser desenvolvidas por um profissional de qualificação menor. Assim, sugeriu-se a inclusão de um colaborador para dividir as atividades realizadas nesta estação de trabalho, de forma que o soldador de maior nível de qualificação desenvolvesse, em sua maioria, atividades mais complexas e o soldador de menor nível de qualificação realizasse as atividades mais simples. Com essa sugestão, um novo fluxo de processo foi elaborado, de maneira que o processo fosse executado com atividades em paralelo, no lugar da sua execução em série.

Também, foi observado que havia grande distância percorrida para movimentação de peças dentro da estação de trabalho. Assim, um novo layout foi sugerido de forma a tornar o fluxo mais claro e reduzir as distâncias de movimentação de peças. As ações conjuntas possibilitam uma redução na distância percorrida em 22 % e na área da estação de trabalho em 12 %. Portanto, observa-se que a aplicação do estudo poderá contribuir de forma significativa para melhoria da produtividade da organização, por meio da redução do tempo de processo, de custos de produção e de consumo de energia. Assim, este estudo se mostra eficaz em contribuir para as organizações se tornarem mais competitivas.

Para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de um estudo de tempos, movimentos e métodos para maiores reduções do tempo de processo e, conseqüentemente, melhoria da produtividade.

REFERÊNCIAS

Barnes, R. M. (1977). Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6 ed. São Paulo: Edgard Blucher.
Brant, D. (2020). Spaghetti charts and physical distancing. *The Lean Global Networking Journal*.

Recuperado de: <https://planet-lean.com/spaghetti-chart-physical-distancing/>
Choudhury, B. & Chandrasekaran, M. (2017) Investigation on welding characteristics of aerospace materials – A review. *Materials Today: Proceedings*.



- 4(8), 7519-7526. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.083>
- Cortés, D.; Ramírez, J.; Ponce, P. & Molina A. (2021). S3Manufacturing process taxonomy. *Journal of Manufacturing Processes*. 67, 579-610. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.04.069>
- Daneshjo, N.; Rudy, V.; Malega, P. & Krnáčová, P. (2021). Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. *TEM Journal*. 10(2), 573-582. <https://doi.org/10.18421/TEM102-12>
- Groover M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. 4. ed., United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Niemann, J.; Reich, B. & Stöhr, C. (2021) *Lean Six Sigma: Methoden zur Produktionsoptimierung*. Springer Vieweg. 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63008-2>
- Omar, M.A.; Elerian, F.A.; Soltan, H.A. & Ghattas, M.S. (2018). An Integrated Approach for Welding Process Selection. *Mansoura Engineering Journal*. 43(1), 1-6. <https://doi.org/10.21608/bfemu.2020.94524>
- Okpala; Chikwendu, C.; Chukwumuanya & Okechukwu. (2016). Plant Layouts' Analysis and Design. *International Journal of Advanced Engineering Technology*. 7(3), 201-206.
- Peinado, J. & Graeml, A. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)*. Curitiba: UnicenP.
- Senderská, K.; Mreas, A. & Vaclav, S. (2017). Spaghetti Diagram Application for Workers' Movement Analysis. *U.P.B. Sci. Bull.* 79(1), 139-150.
- Singh, M. (2012). Innovative practices in facility layout planning. *International Journal of Marketing, Financial Services & Management Research*, 1(12), 126-139.
- Slack, N.; Jones, B A. & Johnston, R. (2018). *Administração da Produção*. 8. ed. São Paulo: Atlas
- Sreekumar, M. D.; Chhabra, M. & Yadav, R. Productivity in Manufacturing Industries. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3, (10)
-

