

DANILO FERNANDES ALBERNAZ

**LEAN MANUFACTURING APLICADO À
OTIMIZAÇÃO DO LAYOUT FABRIL NA
MONTAGEM DE TUBULAÇÕES EM
PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS**

Catalão/GO

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE ENGENHARIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese ☐ Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

DANILO FERNANDES ALBERNAZ

3. Título do trabalho

Lean Manufacturing aplicado à otimização do layout fabril na montagem de tubulações em pulverizadores autopropelidos

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Nilson Zamuner Filho, Professor do Magistério Superior**, em 21/09/2023, às 09:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **DANILO FERNANDES ALBERNAZ, Discente**, em 21/09/2023, às 10:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4060589** e o código CRC **10D7BE9F**.

DANILO FERNANDES ALBERNAZ

**LEAN MANUFACTURING APLICADO À OTIMIZAÇÃO DO
LAYOUT FABRIL NA MONTAGEM DE TUBULAÇÕES EM
PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), como parte dos requisitos para obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Área de Concentração: Engenharia de Operações e Processos Industriais. Linha de Pesquisa: Engenharia e Desenvolvimento de Produtos e Processos

Orientador: Professor Dr. Antonio Nilson Zamunér Filho

Catalão (GO)

2023

Os Programas de Pós-Graduação stricto sensu em funcionamento na Universidade Federal de Catalão (UFCAT), em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, continuam provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás (UFG), por isso, todos os elementos pré-textuais do trabalho apresentado estão identificados como Universidade Federal de Goiás/Universidade Federal de Catalão em implantação, em função da migração da BDTD ter ocorrido a partir de 16 de agosto de 2021, assim como pelo fato das pesquisas e produtos serem realizados na UFCAT.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Albernaz, Danilo Fernandes

LEAN MANUFACTURING APLICADO À OTIMIZAÇÃO DO
LAYOUT FABRIL NA MONTAGEM DE TUBULAÇÕES EM
PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS / Danilo Fernandes
Albernaz. - 2023.

63, LXIII f.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nilson Zamunér Filho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão,
Faculdade de Engenharia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, Catalão, 2023.

1. Lean Manufacturing. 2. Body Travel. 3. Diagrama de Espaguete.
4. Valor Agregado. 5. Layout. I. Nilson Zamunér Filho, Antonio, orient.
II. Título.

CDU 658.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE ENGENHARIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **36** da sessão de Defesa de Dissertação de **DANILO FERNANDES ALBERNAZ**, que confere o título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de concentração em Engenharia de Operações e Processos Industriais.

"Banca Examinadora de Qualificação/Defesa Pública de Dissertação/Tese realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu segundo artigo: Art. 2º. A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo programa de pós-graduação stricto sensu, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação."

Aos vinte e oito dias do mês de agosto de dois mil e vinte e três (28/08/2023, a partir das 08 horas e 30 minutos, na sala virtual (<https://meet.google.com/ttu-mpui-hsf>), realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese/Dissertação intitulada "**LEAN MANUFACTURING APLICADO À MONTAGEM DE TUBULAÇÕES EM PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS**" nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor ANTONIO NILSON ZAMUNÉR FILHO (PPGEP/UFCAT) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor LUIZ CESAR RIBEIRO CARPINETTI (EESC/USP), membro titular externo; Professora Doutora NÚBIA ROSA DA SILVA GUIMARÃES (PPGEP/UFCAT), membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Antonio Nilson Zamunér Filho, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e oito dias do mês de agosto de dois mil e vinte e três.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Lean Manufacturing aplicado à otimização do layout fabril na montagem de tubulações em pulverizadores autopropelidos



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Nilson Zamunér Filho, Professor do Magistério Superior**, em 28/08/2023, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nubia Rosa da Silva Guimarães, Professora do Magistério Superior**, em 28/08/2023, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUIZ CESAR RIBEIRO CARPINETTI, Usuário Externo**, em 28/08/2023, às 14:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3983687** e o código CRC **5412696D**.

Referência: Processo nº 23070.047499/2023-95

SEI nº 3983687

À Deus, meus pais, família e amigos, com carinho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida, pela incrível possibilidade de cursar o Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Catalão (UFCAT), e ter a oportunidade de conhecer professores, colegas e outras pessoas nessa jornada que contribuíram tanto para meu desenvolvimento intelectual, profissional e pessoal.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Zamunér, pela paciência e orientação acertiva para tornar realidade este trabalho e etapa tão importante no caminho acadêmico.

Aos meus pais e irmãs, pelo apoio de sempre. À minha namorada, Raísa Lins Teodoro Napoleão, por me acompanhar, ser paciente e incentivar durante essa jornada.

Aos meus amigos e colegas de trabalho na empresa, por terem permitido que a pesquisa fosse realizada e por terem auxiliado com todas as informações necessárias. A todos os professores e profissionais do programa de mestrado acadêmico em Engenharia de Produção da Universidade, agradeço o empenho e dedicação durante as aulas.

ALBERNAZ, D. F. **Lean Manufacturing aplicado à otimização do layout fabril na montagem de tubulações em pulverizadores autopropelidos**.63p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Catalão, Catalão, Goiás, 2023.

RESUMO

A indústria tem sido cada vez mais cobrada em de produtividade, e a ideologia *Lean Manufacturing* tem se mostrado uma ferramenta essencial para alcançar o potencial produtivo que a empresa pode desenvolver, pois impacta tanto os funcionários quanto a empresa. Este trabalho teve como objetivo principal aplicar os conceitos e ferramentas *Lean* no processo de montagem de tubulações de um pulverizador autopropelido, identificando desperdícios, atividades que não agregam valor utilizando as ferramentas da produção enxuta, bem como apresentar uma nova configuração de *layout* que viabilize a otimização do potencial de produção da empresa. A pesquisa é de natureza quantitativa com dados coletados em 2020, antes das melhorias implementadas e em 2022, após as melhorias serem implementadas em uma unidade fabril de maquinários agrícolas no estado de Goiás. Para síntese e análise dos dados foram utilizadas ferramentas do *lean manufacturing*, para indentificar quais atividades tinham valor agregado e quais não demonstravam essa característica. Ainda, utilizou-se o Diagrama de Espaguete para o desenho de um novo *layout* para minimizar o desperdício de tempo na movimentação de materiais e pessoas. Como resultado, nota-se que se obteve um potencial de redução de 74% do tempo das atividades que não agregam valor e são desnecessárias no processo de montagem de tubulações do sistema de solução dos pulverizadores autopropelidos, o quer representa aproximadamente 15% de redução no ciclo de produção e consequentemente potencial de redução de recursos na produção dependendo de quantos ciclos for necessário no dia. Também houve um ganho significativo com a redução de 69% em atividades de movimentação que não agregam valor e pode inclusive diminuir fadiga dos operadores. Importante mencionar que a cultura organizacional forte e compartilhada é a chave do sucesso da produção enxuta e neste estudo, a participação dos operadores nas propostas de mudança de layout foi fundamental. Como consequência, a implementação das mudanças ocorreu sem resistência e todos se sentiram parte da transformação sendo Engenheiros, técnicos e operadores envolvidos na ação agentes de mudança para melhoria da estação de trabalho.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; *Body Travel*; Diagrama de Espaguete; Valor Agregado; *Layout*.

ALBERNAZ, D. F. **Lean Manufacturing applied to the optimization of the factory layout in the assembly of plumbing in self-propelled sprayers**. 63p. Dissertation, Federal University of Catalão, Catalão, Goiás, 2023.

ABSTRACT

The industry has been increasingly charged for productivity, and the Lean Manufacturing ideology has proven to be an essential tool to reach the productive potential that the company can develop, as it impacts both employees and the company. The main objective of this work was to apply Lean concepts and tools in the plumbing assembly process of a self-propelled sprayer, identifying waste, activities that do not add value using lean production tools, as well as presenting a new layout configuration that enables optimization of the company's production potential. The research is of a quantitative nature with data collected in 2020, before the improvements be implemented and in 2022, after the improvements were implemented in a factory of agricultural machinery in the state of Goiás. For synthesis and analysis of the data, lean manufacturing tools were used, to identify which activities had added value and which did not. Also, the Spaghetti Diagram was used to design a new layout to minimize wasted time in moving materials and people. As a result, it can be seen that there was a potential reduction of 74% in the time of activities that do not add value and are unnecessary in the plumbing assembly process of the self-propelled sprayer solution system, which represents approximately a 15% reduction in production cycle and consequently potential reduction of resources in production depending on how many cycles are needed in the day. There was also a significant gain with the 69% reduction in handling activities that do not add value and may even reduce operator fatigue. It is important to mention that a strong and shared organizational culture is the key to the success of lean production and in this study, the participation of operators in layout change proposals was essential. As a result, the implementation of the changes took place without resistance and everyone felt part of the transformation, being Engineers, technicians and operators involved in the action as agents of change to improve the workstation.

Keywords: Lean Manufacturing; Body Travel; Spaghetti Diagram; Added Value; Layout.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Dimensões Lean no Sistema de Manufatura e relações com Desperdícios..	23
FIGURA 2. <i>Layout</i> original do local de trabalho.	33
FIGURA 3. Proposta da primeira variante.....	33
FIGURA 4. <i>Layout</i> da segunda variante.	34
FIGURA 5. Gráfico de Yamazumi com tempo de atividades do processo da montagem das tubulações antes das melhorias.	43
FIGURA 6. <i>Classificação dos desperdícios no processo de montagem das tubulações.</i>	45
FIGURA 7. Estratificação dos desperdícios no processo de montagem das tubulações.	46
FIGURA 8. <i>Body Travel de um operador para montagem de tubulações de pulverizador autopropelido com todas as tubulações disponíveis na estação</i>	48
FIGURA 9. <i>Body Travel de um operador para montagem de tubulações de pulverizador autopropelido com Peças em Kits para 1 máquina somente</i>	49
FIGURA 10. Gráfico de Yamazumi com tempo de atividades do processo da montagem das tubulações depois das melhorias..	52
FIGURA 11. Gráfico de Antes X Depois das Melhorias propostas no <i>layout</i>	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Classificação de atividades por categorias de valor agregado	41
TABELA 2 - Coleta de tempo (s) por etapa do processo.....	42
TABELA 3 - Dados complementares dos desperdícios no processo da montagem das tubulações	44
TABELA 4 - Tempos de desperdício por atividades após melhorias do Layout e estratégia de pagamento das tubulações.	50
TABELA 5- Potencial de redução de desperdícios com a proposta do projeto	51
TABELA 6- Comparação da atividade sem valor agregado de movimentações.....	54
TABELA 7 - Comparação da atividade sem valor agregado de superprocessamento. ...	54
TABELA 8 - Comparação da atividade sem valor agregado de retrabalho.	55

LISTA DE ABREVIATÖES

2D – 2 Dimensões (representação Bidimensional)

5S – 5 Senso (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke)

BTA – *Body Travel Analysis* (Análise de movimentação de corpos)

CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

DC – *Daily Capacity* (Capacidade Diária de Produção)

DE - Diagrama de Espaguete

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPI – Equipamento de Proteção Individual

IPK – *In-Process Kanban*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

NVA - *Non-Value Adding* (Sem valor Agregado)

PA – Pará

PET – Polietileno Tereftalato

PIB – Produto Interno Bruto

S – Segundo

SOE – Sequência de Eventos

TPS – *Toyota Production System* (Sistema de Produção Toyota)

UFCAT – Universidade Federal de Catalão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	18
INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivos	20
1.1.1 Objetivo geral.....	20
1.1.2 Objetivos específicos.....	20
1.2 Justificativa.....	20
 CAPÍTULO 2	22
REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1 Lean Manufacturing	22
2.1.1 Princípios do Lean Manufacturing	22
2.1.2 Definição de atividades que agregam valor ou não agregam valor	24
2.2 Diagrama de Espaguete	24
2.3 Layout.....	27
2.4 Yamazumi.....	27
2.5 Programa 5S.	28
2.6 Agricultura Brasileira e Mecanização Agrícola	29
2.7 Pulverizadores autopropelidos.....	29
2.8 Trabalhos correlatos em Lean Manufacturing	31
 CAPÍTULO 3	35
MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 Escolha do processo a ser estudado	35
3.2 Coleta de dados.....	35
3.2.1 Cronoanálise.....	36
3.3 Levantamento e Mapeamento das informações.....	37
3.3.1 Ferramentas de coleta e análise de dados	37
3.3.2 Análise de Body Travel	37
3.3.3 Aplicação do Diagrama de Espaguete (DE)	38
 CAPÍTULO 4	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	41

CAPÍTULO 5	56
CONCLUSÕES.....	56
REFERENCIAS.....	58

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como manufatura enxuta, é uma filosofia de gestão que se tornou muito popular desde a década de 90, principalmente no setor industrial (WOMACK et al., 1990). Essa abordagem visa reduzir o desperdício, melhorar continuamente os processos de produção e maximizar o valor para o cliente (WOMACK et al., 2003). Com base em algumas ferramentas e princípios bem definidos, o *Lean Manufacturing* tem ajudado as empresas a melhorarem a qualidade, aumentar a produtividade e reduzir custos.

De acordo com Balle (2021), a abordagem *Lean* é baseada em cinco princípios fundamentais: Definir o Valor; Identificar o Fluxo de Valor; Estabelecer o Fluxo Contínuo; Produção Puxada; e Buscar Melhoria Contínua. Esses princípios visam eliminar atividades que não agregam valor ao processo produtivo, otimizar o fluxo de trabalho e garantir um desenvolvimento mais rápido e eficiente do produto final.

Os benefícios de uma abordagem enxuta vão além de reduzir o desperdício e aumentar a eficiência. Diversos estudos acadêmicos e pesquisas têm explorado a relação entre a cultura organizacional e a implementação do *lean manufacturing*. Autores como Jeffrey Liker, em seu livro "The Toyota Way", destacam a importância de uma cultura organizacional forte e compartilhada para o sucesso do *lean manufacturing*. Além disso, pesquisas como a de Ogbonna e Harris (2000) destacam a importância de levar em conta as diferenças culturais para garantir a eficácia das práticas *lean* em ambientes culturais diversos. Essas referências bibliográficas ajudam a compreender a relevância do aspecto cultural na implementação do *lean manufacturing*. Além disso, o modelo enxuto permite que as empresas estejam mais bem preparadas para atender às demandas dos clientes de forma mais personalizada e ágil.

A implementação de uma abordagem enxuta pode ser aplicada em diversas áreas como manufatura, logística, gerenciamento de projetos, entre outras. No entanto, é importante que a empresa esteja disposta a mudar sua cultura e a forma como as coisas são feitas. É necessário que novos processos sejam introduzidos e que a equipe se engaje na busca da melhoria contínua.

O *Lean Manufacturing* utiliza diversas ferramentas para implementar seus princípios. Algumas das ferramentas mais comuns incluem:

1. *Kaizen*: Refere-se à busca contínua da melhoria incremental em todos os

processos, tarefas e atividades, abrangendo todos os níveis da empresa.

2. *Kanban*: Um sistema de gerenciamento de estoque que determina a produção e entrega de produtos com base na demanda real do cliente.

3. *5S*: Metodologia de organização e limpeza que aumenta a eficiência dos processos produtivos minimizando o desperdício.

4. *Poka-Yoke*: Técnica que previne erros e reduz a possibilidade de falha no processo.

5. Pensamento A3: O A3 é uma ferramenta que ajuda as empresas a resolver problemas em equipe, avaliar opções e escolher a melhor solução para determinado problema.

O sucesso da implementação do *Lean Manufacturing* depende diretamente da mudança cultural na organização. Uma cultura enxuta incentiva a colaboração, participação e responsabilidade de todos os membros da equipe (JONES et al, 2013). Além disso, é importante que a empresa tenha uma visão clara dos objetivos da manufatura enxuta e que todos os seus funcionários sejam treinados para compreender e aplicar seus princípios.

A implementação da manufatura enxuta pode trazer uma série de benefícios para as empresas, incluindo:

1. Redução de desperdícios: Ao eliminar desperdícios, a empresa consegue reduzir custos operacionais.

2. Melhor qualidade: *Lean Manufacturing* promove a melhoria contínua dos processos de produção para produzir produtos e serviços de qualidade superior.

3. Maior eficiência: Ao implementar o *Lean Manufacturing*, uma empresa pode executar suas tarefas com mais eficiência e eliminar tarefas desnecessárias.

Outro aspecto importante da abordagem *Lean* é que ela está em constante evolução. As empresas não devem ficar satisfeitas com os resultados alcançados e devem sempre buscar novas formas de melhorar seus processos. A abordagem *Lean* pode ser combinada com outras metodologias, como *Six Sigma* e *Design Thinking*, para criar uma abordagem híbrida que possa atender às necessidades específicas da empresa e do mercado.

Nesse sentido, é fundamental que a empresa apoie a formação contínua da sua equipe e se comprometa a manter uma cultura de melhoria contínua. Essa abordagem permite que a empresa esteja sempre atualizada e pronta para enfrentar os desafios que o mercado impõe.

1.1 Objetivos

Os objetivos são divididos em geral e específicos, sendo estes:

1.1.1 Objetivo geral

Essa pesquisa pretende aplicar ferramentas e conceitos do *Lean Manufacturing* no processo de montagem de tubulações de um pulverizador autopropelido.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar desperdícios no processo e aplicar ferramentas de correção dessa ineficiência;
- Propor técnicas que eliminem trabalhos que não agregam valor (*Non-Value Adding – NVA*);
- Apresentar uma proposta de *layout* com as devidas modificações que otimizem os processos.

1.2 Justificativa

A adoção do *Lean Manufacturing* é justificada pela necessidade de otimizar os processos produtivos e reduzir desperdícios nas organizações. Segundo Womack e Jones (1996), o *Lean Manufacturing* se baseia em princípios e ferramentas que visam eliminar atividades que não agregam valor aos produtos ou serviços, tornando a empresa mais eficiente e competitiva.

Uma das razões para a implementação do *Lean Manufacturing* é a busca pela redução de custos. De acordo com Ohno (1988), a eliminação de desperdícios, como estoques excessivos, transporte desnecessário e movimentação de materiais, possibilita a redução de custos operacionais e aumenta a margem de lucro da organização.

Além disso, a aplicação do *Lean Manufacturing* é uma resposta às demandas dos clientes por produtos de qualidade, entregues no prazo e a um preço competitivo. De acordo com Shingo (1986), um dos pilares do *Lean Manufacturing* é a melhoria contínua, que visa eliminar defeitos e garantir a satisfação dos clientes. Dessa forma, a adoção do *Lean Manufacturing* permite que as empresas atendam às expectativas de seus clientes de forma mais eficiente.

Outra justificativa para a aplicação do *Lean Manufacturing* é a busca por maior flexibilidade e adaptabilidade às mudanças de mercado. Segundo Liker (2004), o *Lean*

Manufacturing permite que as empresas se tornem mais ágeis e responsivas às mudanças de demanda, reduzindo o tempo de setup e permitindo a produção de lotes menores.

Por fim, a implementação do Lean Manufacturing também está relacionada à melhoria das condições de trabalho e ao aumento da segurança dos colaboradores. De acordo com Womack et al. (2003), a eliminação de atividades desnecessárias e a padronização dos processos contribuem para a redução de riscos e acidentes de trabalho, além de proporcionar um ambiente de trabalho mais organizado e limpo.

Este trabalho teve o intuito de utilizar técnicas do Lean Manufacturing em um problema real na indústria e o método de análise utilizado foi o Gemba e o Diagrama de Espaguete, que tem como foco a identificação dos principais gargalos do processo e oportunidades de melhorias de um estado atual da organização e então elaborar uma simulação do estado futuro com as melhorias aplicadas. Com o método utilizado foi possível entender, de maneira detalhada, os processos e encontrar as oportunidades que não são vistas diariamente, isso se deve ao fato de observar as atividades com mais atenção.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Lean Manufacturing

Com as instabilidades ocorridas nas primeiras décadas do século XXI, se faz necessário que a indústria seja cada vez mais competitiva, as empresas tendem a se tornar adaptáveis as exigências do mercado, para isso o estudo do processo de fabricação de produtos, estudos de *layout* e aprimoramento do processo de produção, redução de custos, redução no valor agregado ao produto, atinge diretamente os efeitos econômicos, que serão os valores repassados aos clientes (BHAMU, SANGWAN, 2014).

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como sistema Toyota de produção (*Toyota Production System* ou TPS), teve sua origem no Japão e surgiu como uma alternativa de desenvolvimento no contexto pós II Guerra Mundial, marcado pela escassez de recursos e maior procura por produtos diversificados.

Durante os anos 90 os conceitos e a metodologia do TPS foram amplamente difundidos no ocidente através de estudos liderados por pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) mas, apenas em 1990, o termo “*Lean*” foi aplicado pela primeira vez no livro “*The machine that changed the world*”, escrito por James P. Womack, Daniel Roos e Daniel T. Jones (MOREIRA, 2012). O termo faz referência à filosofia de “*enxugar*” o uso de recursos nos processos quando comparados com a produção em massa, sejam eles esforços humanos, equipamentos, espaço, tempo e estoque em processo.

Consiste em um conjunto de práticas com o objetivo principal de reduzir o *lead time* (tempo entre o pedido do cliente ser realizado e entregue) fundamentado na eliminação de sete perdas (superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimento, retrabalho) (WOMACK; JONES, 2004).

2.1.1 Princípios do Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* fundamenta-se em cinco princípios que buscam identificar e entender a percepção de valor ao cliente (WOMACK, JONES, ROOS, 1990), sendo:

1. Especificar o valor: quem define o valor é o cliente. A empresa deve identificar

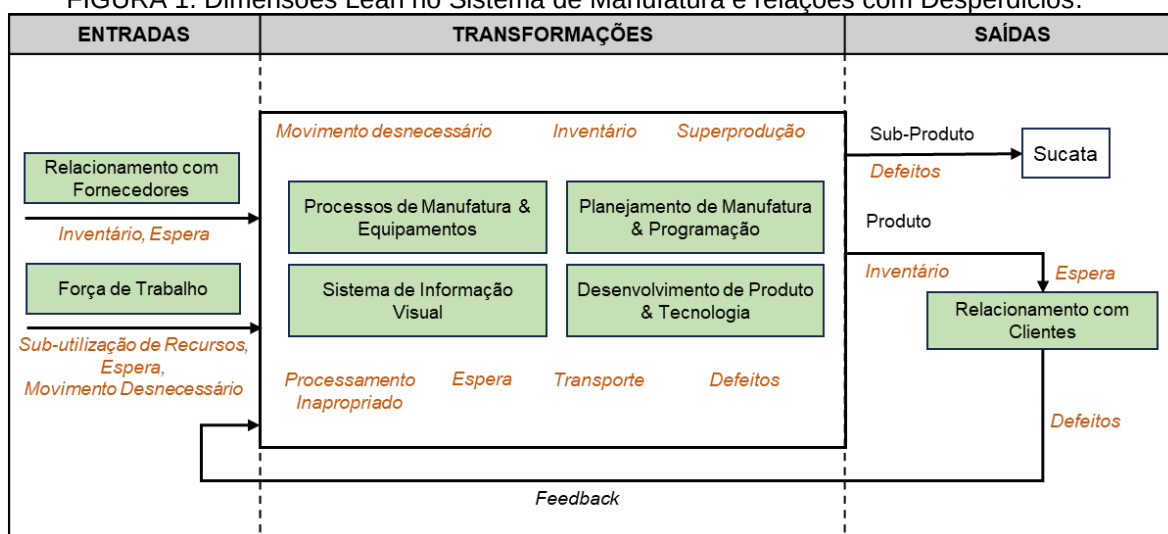
essa percepção em relação a produtos e serviços.

2. Identificação da cadeia de valor: conjunto de ações necessárias para transformar e fornecer produtos ou serviços ao cliente. Podem ser ações que agregam ou não agregam valor, mas são inevitáveis ao processo.
3. Fluxo de valor: processos organizados de forma a criar um fluxo necessário de materiais e informações, objetivando minimizar perdas e desperdícios.
4. Produção puxada (*pull system*): necessidades de produção geradas pela necessidade do cliente, produzindo na quantidade e momento desejados pelo cliente.
5. Buscar a perfeição: pautado no aprimoramento contínuo, sempre buscar fazer o melhor como um caminho para reduzir esforços, tempo, espaços, erros e aprimorar o fluxo e percepção de valor. Womack e Jones (2003) defendem que ao eliminar desperdícios, as atividades ao longo do fluxo convergem para acrescentar de forma efetiva o valor.

Para Walter e Tubino (2012) a Manufatura Enxuta tem como principal premissa a eliminação de desperdícios, o que consequentemente leva à redução de custos, assim também é possível explorar o aperfeiçoamento dos métodos de avaliação da Manufatura Enxuta que sejam capazes de indicar, mensurar, ganhos em moeda corrente utilizada no país com sua implantação em diferentes áreas da empresa.

Segundo Wahab, Mukhtar, Sulaiman (2013) um modelo conceitual também pode ser modelado em um padrão de diagnóstico para medição de desperdícios, que aglutinando práticas e técnicas que se assemelham, sintetizam sete principais dimensões que auxiliam na medição de desperdícios na manufatura, melhorando de maneira geral a assertividade do desempenho estratégico da fabricação.

FIGURA 1. Dimensões Lean no Sistema de Manufatura e relações com Desperdícios.



Autor: Adaptado de WAHAB, MUKHTAR, SULAIMAN (2013).

A observação às práticas Lean Manufacturing em uma empresa, cria uma uniformidade, estruturação no processo de produção, atendendo à necessidade do cliente, gerando maior conformidade, com um menor grau de variação, assim a adoção das práticas *Lean* como estratégia de operações tem o potencial de eliminar uma série de desperdícios e, conseqüentemente, criar valor para a operação, ou seja, cumprindo o papel principal de criar valor para o cliente final, onde o importante papel é desenvolvido pelo custo (VASCONCELLOS, FERREIRA, SANTOS, 2019).

2.1.2 Definição de atividades que agregam valor ou não agregam valor

As atividades que agregam valor na manufatura enxuta são aquelas que realmente agregam valor ao produto ou serviço prestado ao cliente. São atividades fundamentais na fabricação de produtos ou prestação de serviços. Por exemplo, se fabricamos uma mesa, as atividades que agregam valor são cortar, lixar, encaixar os pés e embalar. Essas atividades são essenciais para produzir um produto final de alta qualidade.

Atividades sem valor agregado, mas necessárias, incluem atividades que devem ser executadas, mas não estão diretamente relacionadas à produção do produto ou serviço. Um exemplo disso é o transporte de materiais ou a limpeza de fábricas. Embora essas atividades não agreguem valor diretamente ao produto, elas são necessárias para manter a fábrica funcionando com eficiência.

Atividades sem valor agregado e desnecessárias (mais conhecidos como desperdícios) na manufatura enxuta são aquelas que não têm nenhuma utilidade real para o processo de produção. Essas atividades incluem aquelas que não são necessárias ou podem ser canceladas. Por exemplo, se estamos fabricando uma mesa, uma atividade desnecessária e sem valor agregado pode ser pintar a mesa com uma cor diferente da escolhida pelo cliente (retrabalho). Essa atividade não agrega valor ao produto nem satisfaz a necessidade do cliente.

2.2 Diagrama de Espaguete

Um grande aliado na gestão do layout de uma empresa, é o Diagrama de Espaguete (DE), que consiste em uma ferramenta visual de grande relevância para o modelo *Lean Manufacturing* (COUTINHO, 2020). Também pode ser conhecido como o diagrama da movimentação, que expressa a locomoção de máquinas e a sua disposição (COTRIM et al., 2019). Para visualização de fluxo de materiais, pessoas ou

informações em um processo de produção ou fabricação o diagrama de espaguete tem se destacado pela eficiência nessas demonstrações (GASTINEAU, 2009).

O DE é um instrumento que representa todas as trajetórias realizadas no desenvolvimento de um processo, agrupadas em um diagrama único, demonstrando a configuração e disposição do ambiente de produção e as movimentações necessárias para que ocorra o processo de produção (RAY, 1992). Proporcionando uma visão clara de onde ocorre os gargalos dos fluxos das trajetórias e seus encontros, dessa forma, sendo possível organizar o espaço de produção de maneira com que, o fluxo aconteça com o mínimo de cruzamentos e travessas se tornando o mais linear possível (COTRIM et al., 2019).

De acordo com Bertani (2012), o DE se fundamenta em traçar o caminho do material no layout, permitindo assim a evidenciando e quantificando os desperdícios na movimentação e transporte na linha de montagem.

Para Cotrim et al (2019), a análise das mudanças feitas pelo DE no layout conduz a melhorias que ajudam a minimizar os desperdícios provenientes das movimentações permanecendo com materiais utilizados em uma mesma atividade ficam no mesmo ambiente, evitando movimentos cruzados, ir e vir a todo o tempo, fazendo com que o processo ocorra de forma linear.

Segundo Silva (2020), não agregam valor ao produto, a movimentação de materiais e o deslocamento de operadores (em procura de peças, matérias primas e outros), podendo provocar alongamento no tempo de fabricação, o que ocasiona aumento dos custos de produção. A analogia com um prato de espaguete, nomeia o diagrama de espaguete. O DE colabora para a definição e conhecimento dos passos do processo, possibilitando distinguir quais setores podem ser aproximados um do outro e identificar ou definir o layout atual. Este diagrama é uma ferramenta simples extraída dos conceitos do *Lean Manufacturing*, é bastante útil na visualização de como um produto ou operador se desarticula durante o processo de produção pelo chão de fábrica, observado a distância percorrida, além do tempo gasto.

Desde a sua criação, o Diagrama de Espaguete tem sido utilizado em vários estudos de caso para ajudar as empresas a identificarem gargalos no processo de produção e otimizar seus fluxos de trabalho. O estudo de Akpan e Akpan (2017) sobre a indústria de vestuário em Lagos, na Nigéria, por exemplo, utilizou um diagrama de espaguete para identificar atividades que consumiam mais tempo e recursos durante o processo de produção. Com base nos dados obtidos, a empresa conseguiu eliminar algumas atividades que não agregavam valor ao processo, reduzindo assim o tempo do ciclo produtivo.

Outro estudo interessante feito com o diagrama de espaguete foi o de Kumar,

Kumar e Kumar (2015) que utilizaram a ferramenta para mapear o fluxo de trabalho em uma empresa de fabricação de eletrônicos. Com base nos dados obtidos, a empresa conseguiu reduzir o tempo de espera entre as etapas individuais do processo de produção, melhorando assim a eficiência e a qualidade do produto.

Além dos estudos de caso citados acima, o Diagrama de Espaguete tem sido amplamente utilizado em diversas indústrias para mapear e otimizar os processos de fabricação. Um estudo de Balaji, Subramanian e Swaminathan (2016) analisou as práticas de trabalho em uma empresa de fabricação de aeronaves usando um diagrama de espaguete como ferramenta analítica. Com base nos dados obtidos, a empresa conseguiu identificar gargalos no processo produtivo e melhorar a eficiência das atividades relacionadas, o que reduziu significativamente o tempo do ciclo produtivo.

Outro estudo interessante feito com o diagrama de espaguete foi o de Hogun, Haksoo e Hanjun (2015), que utilizaram essa técnica para mapear o fluxo de trabalho em uma empresa de logística. Com base nos dados obtidos, a empresa conseguiu identificar quais atividades consumiam mais tempo e recursos e implementar melhorias no processo produtivo. Como resultado, a empresa conseguiu reduzir o tempo do ciclo de produção em 60% e aumentar a capacidade de envase em 30%.

Estudos realizados com o Diagrama de Espaguete mostram que essa ferramenta é extremamente eficaz para mapear e otimizar fluxos de trabalho em diversos setores. Com base nos resultados obtidos em cada estudo, é possível identificar algumas tendências comuns que podem ajudar outras empresas a adotar essa abordagem com mais sucesso.

A primeira tendência está relacionada à importância do envolvimento da equipe na implementação de melhorias. Em todos os estudos citados, foi necessária a participação ativa dos colaboradores para identificar gargalos e oportunidades de melhoria. As empresas devem, portanto, garantir que o processo de melhoria seja participativo e que todos os envolvidos tenham voz ativa no processo.

Outra tendência comum entre os estudos é a importância do uso de ferramentas de análise de dados para complementar o diagrama de espaguete. Em muitos casos, a análise dos dados obtidos com o diagrama de espaguete pode ser complementada com outras ferramentas, como o diagrama de Pareto ou o diagrama de Ishikawa. Isso pode ajudar uma empresa a identificar tendências e padrões que não seriam visíveis apenas com um diagrama de espaguete.

Finalmente, é importante lembrar que o diagrama de espaguete é apenas uma das várias ferramentas de controle de processo disponíveis. As empresas podem combinar diferentes abordagens e ferramentas para encontrar a melhor maneira de otimizar seus fluxos de trabalho e atender às demandas do mercado de maneira mais

eficaz e eficiente.

2.3 Layout

No dicionário brasileiro a palavra de origem inglesa para arranjo físico, *layout*, apresenta outra grafia, *leiaute*, que não faz parte do vocabulário do ramo empresarial, onde a palavra original *layout* é amplamente utilizada no setor (PEINADO, GRAEML, 2007).

O arranjo físico de uma operação ou processo é como seus recursos transformadores são posicionados uns em relação aos outros e como várias tarefas da operação serão alocadas a esses recursos transformadores. Ou seja, de que forma os equipamentos, instalações, pessoas e matérias são posicionados, levando-se em consideração o processo produtivo (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2009).

Pode-se definir *layout* como sendo o equilíbrio entre as máquinas, os equipamentos, as ferramentas, as pessoas e materiais de uma organização, determinado pelos processos necessários para garantir um bom funcionamento do processo produtivo (ARAÚJO, 2010).

2.4 Yamazumi

O vocábulo é de origem japonesa que significa empilhar barras que são tarefas inteiras do processo, podem ser categorizadas e tem por finalidade apoiar as equipes de Melhoria de Processos de Negócios. É também uma ferramenta auxiliar do *Lean* e pode ser usada para atividades de eliminação de desperdícios do processo ou balanceamento de linha, por fornecer uma visão de quais operações estão com sobre cargas e quais estão subutilizadas, mostrando onde está ocorrendo os atrasos, bloqueios e desperdícios (SANTOS, 2018).

Esta ferramenta gráfica pode ser usada para facilitar a visualização dos desperdícios, servindo para destacar a carga de trabalho dentro ou entre processos estimando projeções e operações mais eficientes (PIENKOWSKI, 2014).

Segundo Obara (2012) essa ferramenta se torna essencial *Lean Manufacturing*, pois indica as perdas no ciclo, as tarefas que não agregam valor ao produto, ou seja, o desbalanceamento, as inconsistências da mão de obra desta maneira ficam evidenciadas, o que facilita a tomada de decisão para melhor aproveitamento da mão

de obra, eliminando o desperdício de tempo e atividades que não agregam valor ao produto final.

2.5 Programa 5S.

Desenvolvido no Japão pós-guerra, o Programa 5S tem por finalidade tentar organizar a economia, reorganizar as empresas remanescentes e emergentes deste período, alavancando a produção. Tornou-se atualmente uma das ferramentas mais utilizadas naquele país para fazer a gestão da qualidade (SILVA, 2011).

O nome 5S provém das cinco palavras de origem japonesa: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke, cada uma representando um senso componente da metodologia como se observa na descrição de cada um deles abaixo:

SEIRI: Senso de Utilização, separar o necessário do que é desnecessário. Para Matos et al. (2014) avaliar aquilo que é realmente necessário não é uma tarefa fácil, pois o ser humano tem o hábito de guardar objetos com o pensamento de que no futuro eles possam ter utilidade, ou como se eles fossem uma relíquia.

SEITON: Senso de Organização. Um dos resultados dos benefícios da implementação desse senso é o aumento da produtividade, redução de custos e acidentes de trabalho (COUTINHO, AQUINO, 2015). Para Tonon (2018) o senso consiste em identificar e arrumar tudo, para que objetos, documentos e outros, sejam facilmente localizados por outras pessoas.

SEISO: Senso da Limpeza. Manter um ambiente sempre limpo, extinguir as causas da sujeira, e aprender a não sujar (TONON, 2018). Cada funcionário deve ser responsável por manter seu posto de trabalho limpo e organizado, deve ser conscientizado para não o sujar e, também, a preocupação com a limpeza das áreas comuns, deve ser responsabilidade de todos (FARIA et al., 2014; LAZZAROTTO et al., 2011).

SEIKETSU: Senso de Padronização. O quarto “S” implica no ambiente e nas condições de trabalho, esses devem ser mantidos de forma que favoreça à saúde, segurança e bem-estar do trabalhador, respeitando suas limitações físicas, mentais e emocionais (FERREIRA DE SOUZA et al, 2020). Um local de trabalho limpo, organizado e ordenado beneficia e reflete positivamente na saúde, higiene e segurança dos colaboradores. Este senso se torna no principal resultado dos três anteriores (MATOS et al., 2014).

Os principais benefícios trazidos com a aplicação deste senso segundo Costa et al. (2014), são: bem-estar físico, mental e emocional dos trabalhadores; melhoria da

imagem dos postos de trabalho; a imagem externa da empresa é beneficiada com melhoria; maior conservação de máquinas, equipamentos e ferramentas; redução de desperdícios; ambiente de trabalho agradável e seguro.

SHITSUKE: Senso da disciplina. Para Coutinho e Aquino (2015) há grande dificuldade em implementar esse senso por abordar mudanças de comportamento e atitude dos colaboradores. Todos na organização devem seguir e comprometer-se com as normas, os padrões e os procedimentos formais e informais e introduzindo os conceitos de Kaizen ou de melhoria contínua na vida pessoal, profissional e na empresa como um todo.

2.6 Agricultura Brasileira e Mecanização Agrícola

O agronegócio tem uma participação fundamental na economia brasileira, mesmo nos momentos de crise econômica este é responsável por estimular o Produto Interno Bruto (PIB) e criar oportunidades de investimento e desenvolvimento no Brasil.

A vinda das máquinas e ferramentas para a agricultura no século XIX, transformou definitivamente a trajetória das técnicas de produção e da oferta de produtos agrícolas no mundo, pois aumentou a produtividade do setor e permitiu o acesso a novos e melhores métodos de produção na agricultura (VIAN et al., 2013; BARICELO; BACHA, 2013). O desenvolvimento dessas máquinas é resultado dos principais fatores: a necessidade de aumentar a capacidade de trabalho dos trabalhadores rurais devido à crescente escassez de mão-de-obra rural e a migração da população rural para as áreas urbanas como resultado do processo de desenvolvimento econômico (LOPES, 2009). De acordo com a Embrapa Clima Temperado (2015), a mecanização agrícola é um meio necessário para o processo de melhoria do sistema de produção agrícola, trazendo como pré-requisito a disponibilidade de máquinas e equipamentos para as diversas necessidades das propriedades rurais. Com o início da atividade da indústria de tratores no Brasil (AMATO NETO, 1985), a mecanização agrícola foi facilitada e trouxe diversos benefícios aos produtores, incluindo custos mais baixos, operações de campo mais rápidas e aumento da produção de alimentos (OLIVEIRA et al., ano 2007).

2.7 Pulverizadores autopropelidos

A incidência de pragas e doenças nas plantas está entre os principais fatores de risco que ocasionam a redução na produção agrícola (VIEIRA, 2013). A aplicação

de defensivos agrícolas é uma das táticas necessárias para diminuir essa incidência, no entanto, ocasiona o aumento dos custos da produção (PERES, 2014). Nesse contexto, a escolha de pulverizadores eficazes para aplicação de defensivos agrícolas torna-se uma necessidade para aumentar a qualidade, rapidez e diminuir o custo operacional desse equipamento.

Os defensivos agrícolas podem ser aplicados nas lavouras com a utilização de pulverizadores autopropelidos associado a barra de pulverização (WUBBEN et al., 2005). Implementos com barras articuladas, como pulverizadores, foram projetados para aumentar a largura de trabalho e a velocidade de operação, consequentemente ocasionando aumento na produtividade e redução no número de passadas sobre um campo (WUBBEN et al., 2005). Nos anos 60, as barras de pulverização não ultrapassavam 12,2 m (40 pés de comprimento), mas atualmente existem barras com mais de 40,2 m (132 pés).

Devido à diversas opções que os clientes podem ter para configurar suas barras de pulverização, a complexidade da fábrica para gerenciar esses opcionais se torna um fator crítico para otimização da mão de obra e obtenção de uma produtividade. As principais variáveis que geram opções no conjunto de tubulações para barra de tubulações são:

1. Tamanho da barra de tubulação: nos principais fabricantes de pulverizadores autopropelidos, pode variar entre 24 m e 42 m. Embora exista benefícios na otimização da pulverização, esse acréscimo no comprimento das barras aumenta o peso e diminui a velocidade de operação, com altas cargas inerciais, principalmente devido o material (aço e alumínio) utilizado para a produção das barras (CARLSON, 2015);
2. Espaçamento dos bicos de pulverização: o espaçamento ideal entre os bicos de pulverização é um fator determinante para boa qualidade de aplicação de defensivos agrícolas e também está relacionado à altura de aplicação. Os principais fabricantes de pulverizadores autopropelidos oferecem opções de espaçamento de 38 cm (15 polegadas) ou 50 cm (20 polegadas). Matthews (2000) afirma que cada bico possui uma curva característica de distribuição volumétrica e que essa curva tem grande importância na determinação da distância do bico em relação ao alvo e no espaçamento entre bicos na barra, devendo haver sobreposição do jato de um bico com os adjacentes para resultar distribuição uniforme do líquido pulverizado por bicos hidráulicos convencionais;
e
3. Estrutura da barra de pulverização: atualmente no mercado, fabricantes de pulverizadores autopropelidos possuem diferentes tecnologias para estrutura de

barras de pulverização com objetivo principal de reduzir peso, compactação de solo e consumo de combustível. As soluções disponíveis variam da clássica barra de aço carbono, passando por soluções em alumínio e recentemente utilizando tecnologia em barras de fibra de vidro/carbono. Em relação à produtividade, peso de máquina e consumo de combustível, o pulverizador autopropelido com barra de fibra de vidro/carbono mostra valores melhores, sendo 16% mais produtivo, 1,8% mais leve e 44% mais econômico no consumo de combustível (ALBERNAZ, 2020). É claro que o comparativo dos custos operacionais gerais entre as máquinas, incluindo valor de aquisição das máquinas, custos fixos e custos operacionais devem ser levados também em consideração.

Contando com todas essas variações, na empresa em que o estudo desse presente trabalho foi executado, tem-se atualmente 25 diferentes opcionais de conjuntos de tubulações a serem montados, com alta complexidade para operadores, altos riscos de montagens erradas e baixa produtividades. Dessa forma, um trabalho de *Lean Manufacturing* pode ser bastante impactante na produtividade e assertividade desse processo.

2.8 Trabalhos correlatos em *Lean Manufacturing*

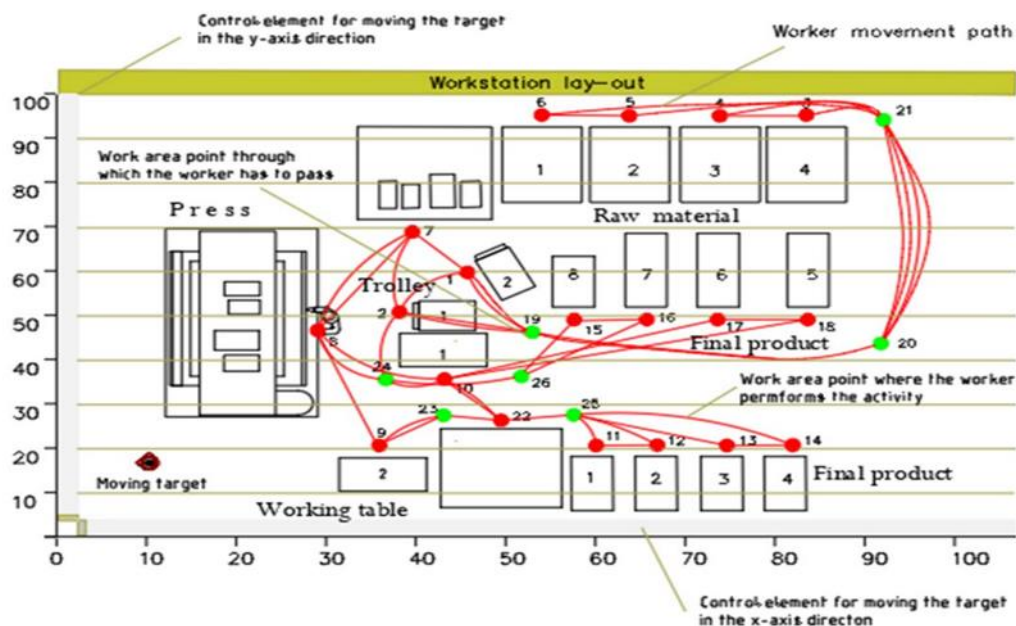
Um estudo realizado por Cotrim et al. (2019), abordou a implantação do programa 5S em uma fábrica de vassouras de garrafa PET a partir do Diagrama Espaguete. Abordou-se o desperdício na movimentação desnecessária nas operações internas que não agregam valor ao produto, onde foi realizada a análise sobre a organização do ambiente de produção, fazendo-se um comparativo do antes da aplicação do DE e o programa 5S, com uma resposta positiva de melhor condição de trabalho, reduzindo a possibilidade de esbarrões, colisões, bem como a distâncias percorridas pelos funcionários durante o turno de trabalho, diminuindo assim a fadiga sentida pelos colaboradores e até mesmo uma melhora na parte emocional. Através do estado de segurança transmitido com as alterações realizadas elevou-se o nível de satisfação da equipe em 20%. Após a intervenção, utilizando o DE, ficou evidenciado que houve um aumento na produtividade e uma redução significativa de desperdícios de tempo nas trajetórias desenvolvidas pelos funcionários e pelos processos de materiais durante a jornada de trabalho.

Outra pesquisa recente utilizando a ferramenta DE, foi desenvolvida uma proposta de melhoria para o processo de fabricação de selas tradicionais: um estudo de

caso em uma selaria em Marabá-PA. A aplicação da ferramenta DE proporcionou a identificação dos possíveis gargalos e falhas no processo de produção. Após a aplicação do DE, foi possível visualizar que, alguns funcionários estavam com sobrecarga de trabalho, enquanto outros estavam com tempo ocioso e até com processos inertes. Observou-se a melhoria no ambiente de trabalho, proporcionando maior espaço para o funcionário desenvolver suas atividades, facilitando a movimentação não só de pessoal, mas também de materiais. A implicação da intervenção utilizando o diagrama, proporcionou a empresa tomar decisões futuras com o intuito de melhorar as condições de trabalho para seus colaboradores e conseguir melhor posicionamento no nicho de mercado e conseguir uma excelência em satisfação dos seus clientes com relação a disponibilidade de produtos oferecidos (ALVES MENDES, BARBOSA DA SILVA COSTA, MONTEIRO, 2022).

Uma descrição de como é importante a organização do *layout* para uma empresa foi descrita por Silva (2020), através do trabalho desenvolvido no setor de aramados em indústria do ramo metalúrgico, fabricante de gôndolas, aramados e porta-paleta. A autora faz um levantamento do setor produtivo, e um levantamento do arranjo físico da indústria em seguida, fazendo uso da ferramenta DE, foi possível identificar em qual parte da movimentação de pessoas e materiais estava demandando mais tempo. Assim é proposto um novo *layout* com redução no tempo de gasto para realizar o transporte da matéria-prima, bem como sua trajetória, sua proposta para minimizar o desperdício de tempo na movimentação de matérias, visa manter o fluxo linear, abrindo vias de acesso e alocando a matéria-prima próximo a produção e eliminando a segregação de setores. As mudanças são realizadas observando o estudo realizado e a utilização de normas vigentes o proporciona benefício trazido a indústria de aramados, O *layout* é peça fundamental para aumentar a produtividade (SILVA, 2020).

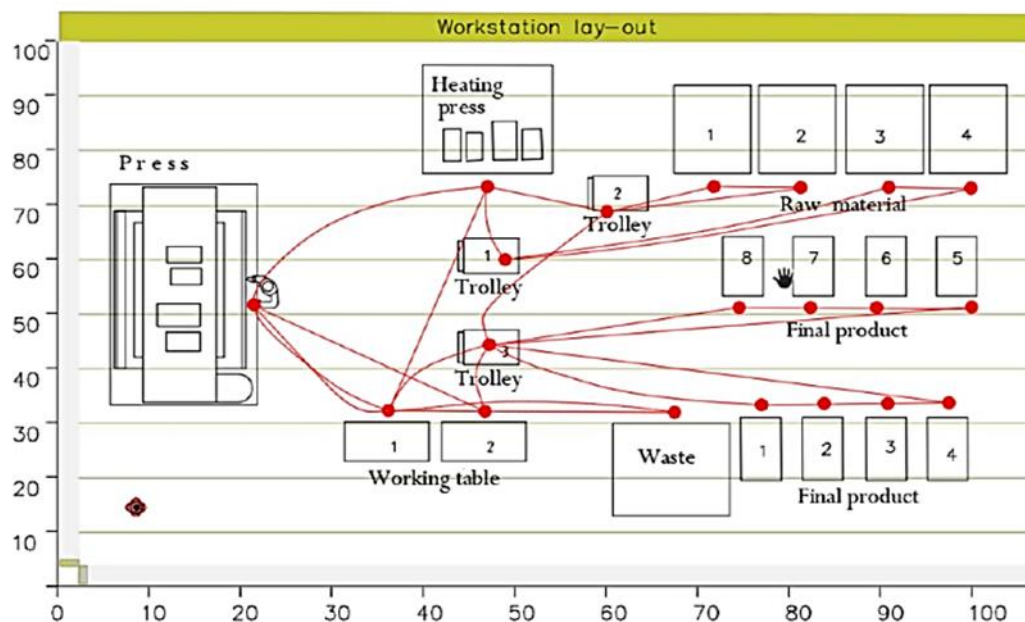
Um estudo realizado na República Eslovaca, utilizou o DE aliado a ferramenta Excel® para avaliar a disposição do *layout*, medição de tempo e a movimentação que cada funcionário deve cumprir na linha de produção da fábrica. A proposta além de ter por objetivo melhorar as condições de trabalho como também assegurar que todos os trabalhadores obedeçam as normas de segurança. O estudo possibilitou a criação de um procedimento de avaliação, que foi seguido para cada uma das variantes apresentadas durante o estudo de caso. A Figura 2 mostra o *layout* original sem as mudanças propostas após o estudo (KRNACOVA et al; 2021)

FIGURA 2. *Layout* original do local de trabalho.

Autor: Adaptado de KRNACOVA et al. (2021).

Já na Figura 3 observa-se a proposta de mudança de *layout* com a primeira variante que influencia o processo de produção.

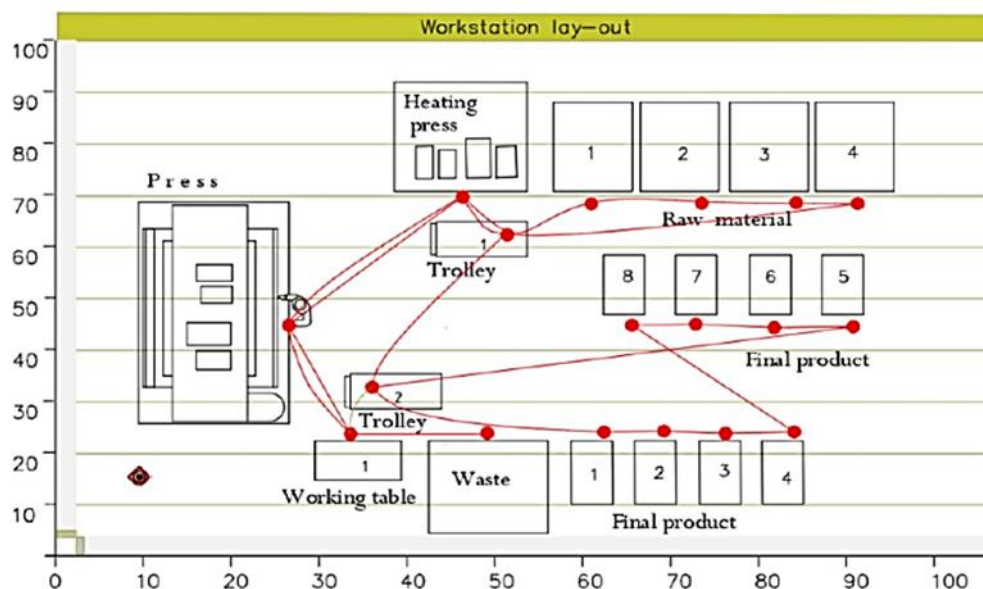
FIGURA 3. Proposta da primeira variante.



Autor: Adaptado de KRNACOVA et al. (2021).

Na Figura 4, a segunda variante do *layout* foi implementada pelo DE, essa segunda variante se mostrou mais eficiente, apresentando uma redução no tempo e um aumento na quantidade de peças produzidas.

FIGURA 4. Layout da segunda variante.



Autor: Adaptado de KRNACOVA et al. (2021).

Através do estudo conclui-se que, a segunda variante foi mais eficiente, pois está reduzindo o tempo de deslocamento do trabalhador, mesmo não sendo possível mudar a tecnologia adotada pela empresa (KRNACOVA et al; 2021).

Um estudo realizado em metalúrgica por Carvalho, Schneider, Parreira, Chapoval Neto (2019) motivado pela busca da melhoria da produtividade utilizando-se da ajuda da ferramenta gráfica *Yamazumi*, para fazer a simulação das operações utilizadas no processo de produção, juntamente com o DE para realizar a comparação da organização da linha de produção. O estudo possibilitou uma diminuição do quantitativo de pessoas envolvidas no processo produtivo, otimizou a produtividade em 3 peças/dias e uma redução no tempo gasto, para apenas 8 dias, proporcionando assim um ganho potencial de tempo de produção de 27,58%. Notou-se uma diminuição de 20 pontos percentuais nas atividades que não agregam valor na cadeia de produção.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo, de epistemologia quantitativa, foi realizado em uma unidade fabril de maquinários agrícolas no estado de Goiás. O método tem foco no levantamento e análise da estação de trabalho responsável por pré-montar barras de pulverização da máquina denominada M4030, tendo sido escolhida a configuração de espaçamento de 20 polegadas para o estudo na fábrica.

Além disso, o método presente utilizou como base conceitos de manufatura enxuta para determinar o que seria classificado como atividades com valor agregado, atividades necessárias sem valor agregado e atividades desnecessárias sem valor agregado (sendo essa determinada como desperdício). Vale ressaltar que as coletas realizadas em 2020 foram classificadas como estado atual e as coletas do ano de 2022 estado futuro, isto é, estado no qual foram feitas implementações de melhorias.

3.1 Escolha do processo a ser estudado

A definição do processo se deu a partir da análise de configurações (também conhecido na indústria em questão como opcionais) que trazem maior complexidade à fábrica, visando utilizar os princípios de *Lean Manufacturing* para identificar oportunidades de otimização dos processos de montagem, logística e minimizar ao máximo as atividades que não agregam valor (NVA). Além disso, fatores como dimensionamento da área fabril também foram importantes, uma vez que quanto maior a área ocupada por um opcional, maiores são as oportunidades de otimização do espaço de processo.

3.2 Coleta de dados

Segundo Rother e Shook (2003), a coleta de dados são construídas a partir de pesquisas anteriores sobre processos avaliados empiricamente, seguindo o conceito *Lean* de Genchi Genbutsu denominado "Vá e Veja". Com isso, a coleta é dada a partir da definição dos elementos de operação do processo, estes representam as atividades realizadas pelo operador para medir a quantidade de tempo que leva para realizar essas atividades. As medições, realizadas via cronômetro, se deram em segundos e em

alguns casos minutos. Os gráficos serão apresentados em Segundos para padronização das informações.

Além disso, para uma análise mais aprofundada, foi coletado o mesmo conjunto de elementos realizados por diferentes operadores, estabelecendo um intervalo de tempo de aproximadamente duas semanas para esse fim.

3.2.1 Cronoanálise

A cronoanálise é uma atividade realizada para mensurar quantitativamente o tempo gasto de cada ação. Foi essencial para garantir que as implementações de melhorias fossem eficientes. Para sua realização foi necessário o acompanhamento das atividades do operador, bem como suas movimentações, paradas e *setups* (tempo decorrido para a troca de um processo em execução até a inicialização do próximo processo).

Takt time é o intervalo de tempo durante o qual uma unidade de produto deve ser produzida em um determinado período para satisfazer a demanda do cliente (BLACK, 1991). Segundo Antunes et al. (2008), *takt* é uma palavra alemã que significa batida ou ritmo musical. Então *takt time* ou *takt time* significa o ritmo da demanda do cliente, ou seja, a velocidade com que uma empresa tem de produzir para atender a demanda. O *takt time* é determinado pela Eq. 1:

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo de operação efetiva diária}}{\text{quantidade de produção requerida diariamente}} \quad (Eq.1)$$

Foi feita uma filmagem da primeira à última ação do operador dentro de um *takt time* e, logo em seguida, foram cronometradas e classificadas as ações dos operadores, como descrito abaixo:

- Buscar peça em estoque;
- Organizar o posto de trabalho;
- Montar componentes;
- Conversar com outros colaboradores;
- Treinar outros colaboradores;
- Operar máquina;
- Colar adesivo;
- Esperar por alguma peça ou algum colaborador;
- Remover embalagens;
- Preparar peças para montagem.

Essa classificação das atividades permitiu que fosse mensurado o tempo que era gasto nas atividades e sua relação com o valor para, enfim, realizar-se um comparativo entre o estado atual e futuro, permitindo uma demonstração dos impactos da implementação realizada.

A coleta foi repetida 5 vezes para mensurarmos os possíveis desvios de padrão e variâncias do processo.

3.3 Levantamento e Mapeamento das informações

O mapeamento trata-se da primeira etapa, a qual possui a função de fornecer a visão sistêmica do processo atual, identificando processos correntes. A seguir estão os processos mapeados nessa etapa e as ferramentas utilizadas para tal finalidade:

3.3.1 Ferramentas de coleta e Análise de dados

Nessa sessão é apresentado como foram feitas as coletas e análise dos dados. Para tal, foram utilizadas ferramentas como Yamazumi, Gráfico de barras, diagrama de espagete e o levantamento em porcentagem de melhorias.

- O Yamazumi foi o gráfico de barras agrupadas que demonstrou o impacto das atividades e foi seccionado nas categorias abaixo:
 - Atividades com Valor agregado;
 - Atividades sem valor agregado, porém necessária;
 - Atividades sem valor agregado desnecessária.

Esse valor foi demonstrado nas cores verde, amarela e vermelha, respectivamente. Além disso, o gráfico contemplava o tempo que cada uma dessas consome dentro o tempo total de processo;

O gráfico de barras foi feito para se fazer uma comparação entre o estado atual, futuro e a partir disso se retirar as porcentagens que demonstram os ganhos;

3.3.2 Análise de Body Travel

A Análise de *Body Travel* (BTA), ou Deslocamento Corporal, determina a distância média do deslocamento corporal que é apropriado para um *layout* de departamento. O BTA deve ser baseado em um equilíbrio de carga de trabalho projetado para apoiar a Demanda na Capacidade (Dc).

A principal razão para fazer uma análise de *Body Travel* é levar em conta as

mudanças no *layout* que poderiam afetar as movimentações dos operadores dentro de uma estação de trabalho. No caso desse estudo, as razões para alterações incluem:

- 1) Alteração no método de replanejamento de componentes; e
- 2) Alteração nas dimensões do *layout* de processo.

O método utilizado para análise do *Body Travel* foi:

- a) Determinar e/ou registrar a Sequência de Eventos (SOE) em uma ferramenta ou software de planejamento de processos adequada;
- b) Usar um software de Desenho Assistido por Computador (CAD) para uma representação visual do *layout* do departamento. Este arquivo foi, então, usado como referência para determinar o valor de movimentação dos operadores no estado atual, entender o local para peças, ferramentas, acessórios, bancadas, e outros elementos; e
- c) Medir a movimentação dos operadores usando a Sequência de Eventos para certeza da execução correta das atividades e representar, através de um Diagrama de espaguete.

3.3.3 Aplicação do Diagrama de espaguete (DE)

O Diagrama de Espaguete é uma ferramenta utilizada no *Lean Manufacturing* com objetivo de auxiliar a construção de um *layout* ideal baseado em observações da movimentação de uma atividade ou processo definido (FREITAS, 2013).

Ele é projetado para visualizar a circulação e transporte do fluxo de processo. Simula a rota traçada para a fabricação de um produto específico ou para que a realização de um processo seja realmente necessária (LEXICO LEAN, 2003).

Os diagramas de Espaguete também ajudam a mapear materiais e equipamentos que precisam ser movidos de um local para outro com base em observações de como os funcionários realmente trabalham a fim de otimizar o processo. O *Body Travel* não é o único desperdício que pode ser detectado pela observação, mas vários outros problemas relacionados à trabalhos que não agregam valor ou soluções alternativas relacionadas ao processo que muitas vezes estão escondidos dos olhos dos supervisores da unidade podem ser descobertos (DEGUIRMENDIJAN, 2016).

Com essa visão, segue abaixo o passo-a-passo de como foi construído o Diagrama de Espaguete:

- 1) Modelar o *layout* da área de estudo:

Com o local da pesquisa determinado, utilizou-se a planta baixa da área para que, com auxílio do programa AutoCAD®, pudesse representar os limites da área de estudo.

2) Posicionar todos os dispositivos, embalagens com componentes, infraestrutura, dentre outros, que sejam relevantes ao estudo no *layout*:

Da mesma forma que no Passo 01, utilizando o programa AutoCAD®, foram posicionados todos os elementos que interagem com o estudo em questão, com ênfase na disposição dos materiais e dispositivos onde os processos em avaliação ocorrem.

3) Observação do fluxo de movimentação e desenho do Diagrama de espaguete.

O diagrama de espaguete foi utilizado para oportunizar uma visão sistêmica e gráfica das oportunidades de melhoria no que tange a movimentação do operador, bem como um comparativo entre o estado atual e futuro. Para tanto, foi utilizado o desenho esquemático 2D entregue pela colaboradora responsável pela atividade de *line design*. A partir dessa informação, foi possível fazer um paralelo entre informações coletadas em junho de 2020 e novembro de 2022. Para tanto, foi feito o acompanhamento do trabalho do colaborador desenhando o trajeto que foi percorrido por ele fim de se avaliar a incidência de possíveis desperdícios.

A observação é uma prática essencial para qualquer tipo de pesquisa e que propicia abertura para conhecer os fatos a serem analisados (SEVERINO, 2007). É a oportunidade que o pesquisador tem não só de ouvir e ver, mas de perceber fenômenos indesejados do ponto de vista de processo que virtualmente possam passar despercebido aos olhos de quem não está no dia a dia das operações.

Nessa pesquisa foi utilizada uma observação participativa, onde o envolvimento e participação ativa de todos foi imprescindível e o pesquisador compartilha experiências vivenciadas. A observação participativa foi escolhida para permitir que o observador desempenhe um papel participativo na pesquisa, obtendo percepções que um observador passivo eventualmente não conseguiria captar (POLIT; HUNGLER, 1995).

Com objetivo de organizar o evento e não trazer ruído junto à fábrica, que permaneceu com a produção normal durante o estudo, foi criado um cronograma e aprovado pelos supervisores das áreas envolvidas antes do pesquisador ir à estação de trabalho e iniciar as análises.

Na planta baixa do local foram observadas as movimentações das pessoas e

em seguida, plotada as linhas para representar os movimentos no diagrama impresso.

Assim como mencionado na coleta de tempos (cronoanálise), esse processo se repetiu 5 vezes para mensurarmos os possíveis desvios de padrão e variâncias do processo.

O período de pesquisa foi feito durante os meses de em junho de 2020 e novembro de 2022 em um turno de trabalho, embora o departamento trabalhe em dois turnos. Isso se fez necessário por conta da jornada de trabalho do pesquisador e conforme aprovação do cronograma proposto.

4) Análise da situação atual e identificação de outros NVAs durante o processo:

A partir do levantamento de movimentação e transportes relacionados aos processos executados, foi analisado o diagrama evidenciando e contabilizando o tempo investido nas atividades. Além disso é importante definir os principais desperdícios de movimentação na área de estudo.

Também durante o exercício, embasado nos conceitos de *Lean Manufacturing*, foram identificados outros desperdícios tais como superprocessamento e processamentos incorretos para trabalhar em outras oportunidades.

5) Identificar as oportunidades de melhorias:

Por meio da análise do cenário corrente foram observados e definidos os principais desperdícios encontrados no fluxo de movimentação dos operadores que serão apresentados na sessão de resultados.

Com os resultados em mãos foi possível o estudo de uma nova proposta de *layout* com objetivo de otimizar o fluxo, evitar desperdícios e maximizar a produção.

6) Alteração do *Layout* físico de acordo com melhorias identificadas

Com a proposta de otimizar o abastecimento de materiais, alterando a estratégia de ter todas as tubulações disponível para o operador para Kits que tenham somente as tubulações necessárias para a determinada máquina que o operador precisa produzir, foi alterado o *layout* físico na estação de trabalho e repetido os passos 3 e 4 descritos acima. Para esse novo cenário foram feitas 3 coletas. É importante destacar que na cultura *Lean* estaremos em um constante ciclo de identificar melhorias (passo 5 acima), porém no presente trabalho, é proposto que foram analisados esse primeiro ciclo de melhorias para apresentação dos resultados. Certamente, podemos identificar mais melhorias mantendo o fluxo desse método, e esse será uma oportunidade de continuidade desse trabalho.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo os objetivos listados e seguindo o método proposto observa se os resultados do estado atual de acordo com cada objetivo determinado e entendendo os potenciais de melhoria em cada etapa.

Primeiramente, com a cronoanálise, foi possível categorizar os tempos coletados de acordo com a Tabela 1 abaixo, onde podemos verificar cada etapa do processo e classificá-los de acordo com o tipo de atividade desempenhados de acordo com as definições de Atividades que agregam valor ou não agregam valor e necessárias ou desnecessárias ao processo de acordo com a referência bibliográfica presente no tópico 3.1.2 dessa presente pesquisa. Para os itens classificados como “Atividade Sem Valor Agregado desnecessário”, também foi possível identificar qual é o desperdício em questão.

TABELA 1. Classificação de atividades por categorias de valor agregado.

Atividade	Categoria	Tipo de Desperdício
Buscando peças em estoque	Sem Valor Agregado e desnecessário	Movimentação
Conferindo ordem de produção	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Buscando instruções de montagem	Sem Valor Agregado e desnecessário	Espera
Deixando peça no Estoque (IPK)	Sem Valor Agregado e desnecessário	Movimentação
Descansando	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Setup de dispositivo	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Identificando estoque (IPK)	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Imprimindo etiqueta	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Jogando embalagens no lixo	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Montando componentes	Atividade com Valor Agregado	
Organizando posto	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Preenchendo formulário de controle	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Preparando peças	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Removendo embalagem	Sem Valor Agregado e desnecessário	Superprocessamento
Retrabalhando montagem	Sem Valor Agregado e desnecessário	Retrabalho
Usando marcador de aperto	Sem Valor Agregado, porém necessário	
Vestindo EPI	Sem Valor Agregado, porém necessário	

Fonte: elaborado pelo autor.

Para as atividades sem valor agregado e desnecessárias, na Tabela 1 também foi classificado os tipos de desperdício, que será importante para as análises no seguimento dessa pesquisa.

Na Tabela 2, é informado os tempos de coletas e o desvio padrão e variância, que são medidas estatísticas que indicam a dispersão dos dados em torno da média, porém uma vez que consideramos essas dispersões mínimas em relação ao todo, trabalharemos somente com a média dos dados para continuidade do estudo aqui trabalhado.

TABELA 2. Coleta de tempo (s) por etapa do processo.

Título	Coletas					Média	Desvio Padrão	Variância
	1	2	3	4	5			
Buscando peças em estoque	321	318	310	345	360	331	20.9	436.7
Conferindo ordem de produção	11	10	12	11	10	11	0.8	0.7
Buscando instruções de montagem	92	83	87	86	80	86	4.5	20.3
Deixando peça no Estoque (IPK)	270	262	251	249	248	256	9.6	92.5
Descansando	87	91	94	95	93	92	3.2	10.0
Setup de dispositivo	130	122	126	123	122	125	3.4	11.8
Identificando estoque (IPK)	26	22	25	23	26	24	1.8	3.3
Imprimindo etiqueta	374	368	347	350	351	358	12.1	147.5
Jogando embalagens no lixo	25	21	23	20	18	21	2.7	7.3
Montando componentes	2352	2307	2280	2293	2288	2304	28.6	816.5
Organizando posto	87	95	88	88	91	90	3.3	10.7
Preenchendo formulário de controle	47	42	48	46	43	45	2.6	6.7
Preparando peças	841	832	805	812	808	820	15.9	254.3
Removendo embalagem	205	218	202	216	213	211	7.0	48.7
Retrabalhando montagem	37	0	208	256	0	100	122.4	14992.2
Usando marcador de aperto	46	43	52	55	50	49	4.8	22.7
Vestindo EPI	8	6	7	6	5	6	1.1	1.3
Tempo total de Ciclo [s]:	4959	4840	4965	5074	4806	4928.8	107.6	11567.7

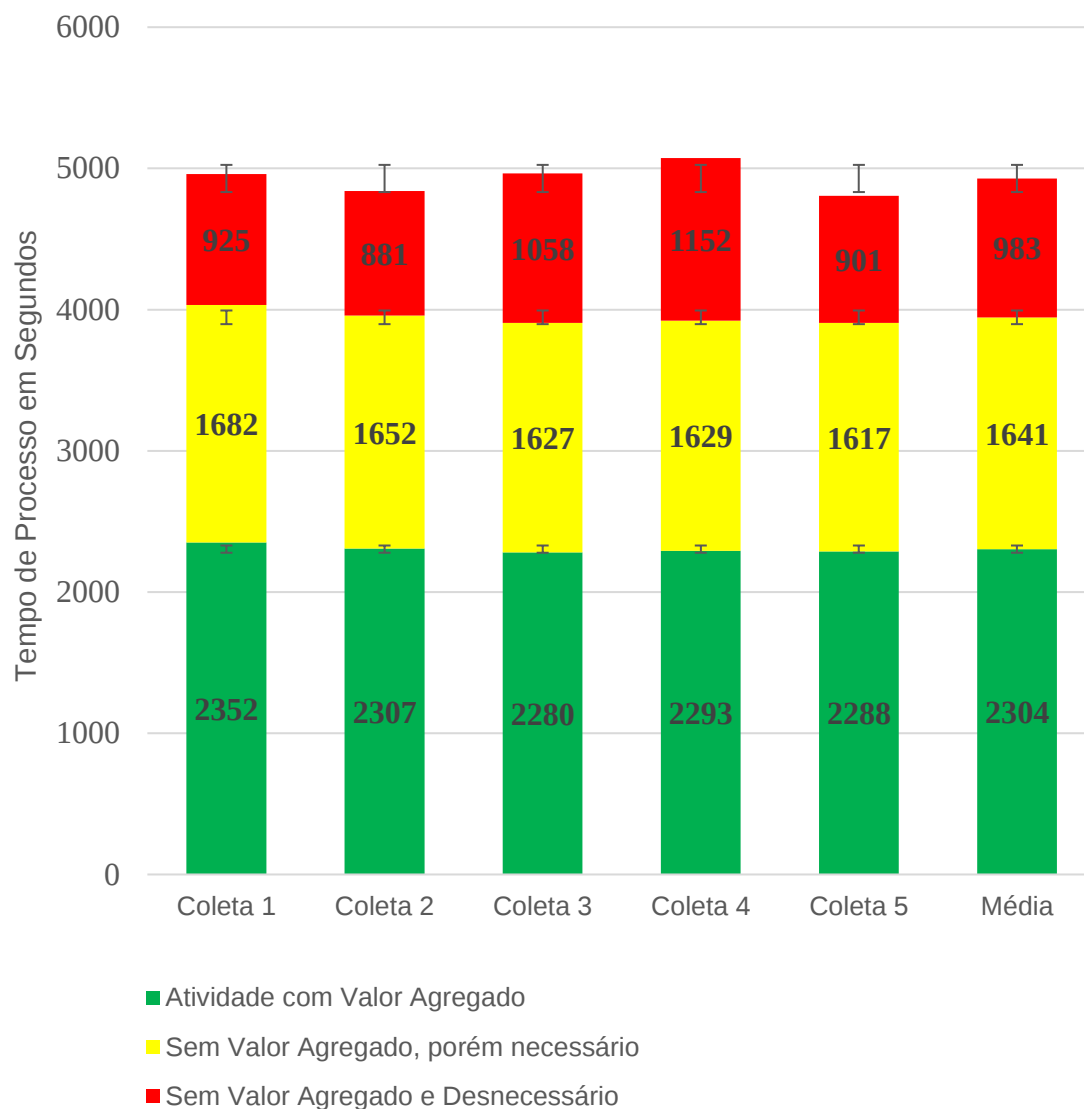
Fonte: elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que o tema de retrabalho de montagem é o que apresenta maior dispersão de dados, uma vez que em algumas coletas essa variável existiu e em outras não. De qualquer modo, para fins de análise do *Lean Manufacturing*

a proposta é manter o estudo das médias no seguimento do trabalho.

A partir dessas coletas, foi possível então agrupar as atividades nas três categorias de NVA e montarmos o gráfico de Yamazumi a partir desses valores. Este gráfico pode ser visualizado na Figura 5 abaixo.

FIGURA 5. Gráfico de Yamazumi com tempo de atividades do processo da montagem das tubulações antes das melhorias.



Fonte: elaborado pelo autor.

Pode se verificar através da Figura 5 que em média 983 segundos (16 minutos e 23 segundos) de cada ciclo são desprendidos em atividades sem valor agregado e que são desnecessárias ao projeto, representados pela barra vermelha.

Para Sreekumar, Chhabra e Yadav (2018) o desperdício de tempo ocorre quando o trabalhador está disponível para executar a produção, mas não desenvolve

as atividades inerentes para produzir, ou seja, o trabalhador está na empresa, mas não realiza as funções para qual está contratado e com isso não gera produtividade para a indústria.

O desperdício de tempo em atividades sem valor agregado, que fazem com que o tempo de ciclo seja aumentado, gerando atrasos, insatisfação de cliente e falta de produtividade nas empresas, por isso cada vez mais indústrias tem realizado estudos neste sentido, de excluir ou minimizar ao máximo o tempo de ciclo do produto (BARTZ, WEISE e RUPPENTHAL, 2013. SREEKUMAR, CHHABRA e YADAV, 2018. QUENEHEN et al, 2021),

Outros 1641 segundos (27 minutos e 21 segundos) representados pela barra em amarelo são também atividades sem valor agregado, mas que necessárias ao processo e podem fazer parte de um estudo seguinte quanto as oportunidades que se pode ter na redução desse valor, mas o foco deste trabalho é nas atividades da barra em vermelho.

A atividade de maior interesse na empresa, são aquelas que apresentam valor agregado. E pode se notar que essas atividades, correspondem a um tempo médio de 2304 segundos (38 minutos e 24 segundos) do tempo de ciclo do processo que foi objeto deste estudo. Observa se que, empresas tem demandado estudos como este para aumentar ainda mais este tempo (SILVA, 2020; QUENEHEN et al, 2021; KRNACOVA et al, 2021; NUNES et al, 2012).

Conforme informações da Tabela 3, o tempo desprendido em atividades que não agregam valor e são desnecessárias ao processo, representa em média 19,95% de todo o tempo de ciclo do processo, ou seja, 983 segundos de desperdícios desnecessários nos 4929 segundos de ciclo médio. Esse valor é proporcional à oportunidade que se tem em recursos e otimização do processo.

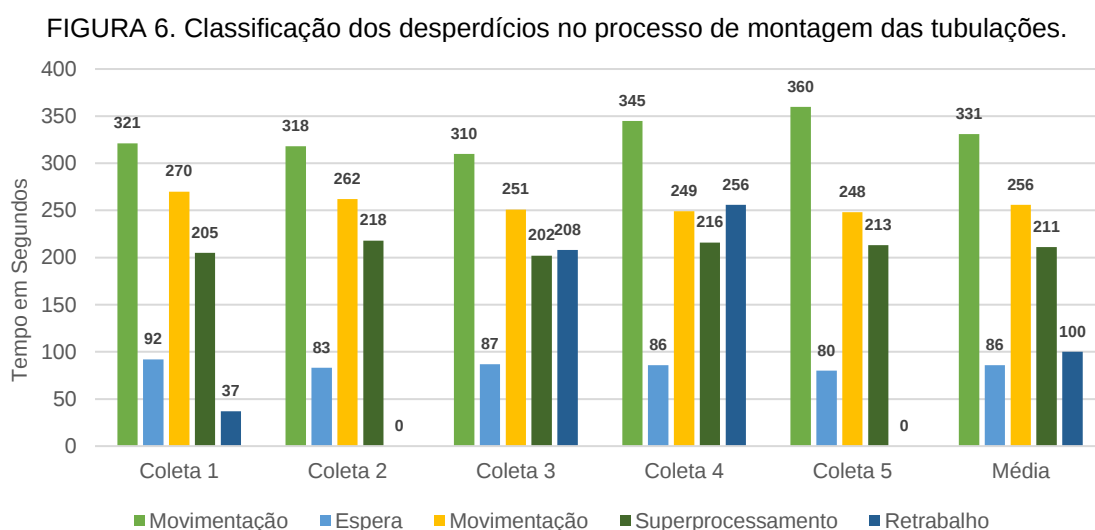
TABELA 3. Dados complementares dos desperdícios no processo da montagem das tubulações.

Categorias de NVA	%	Média de tempos [s]
Sem Valor Agregado e Desnecessário	19.95%	983
Sem Valor Agregado, porém necessário	33.30%	1641
Atividade com Valor Agregado	46.75%	2304
	100.00%	4929

Fonte: elaborado pelo autor.

Tendo o entendimento das atividades do processo que não agregam valor e são desnecessárias ao processo, se faz necessário, classificá-las para melhor entendimento e, conseqüentemente, melhor atuação na causa raiz dessas perdas no processo.

A Figura 6 classifica esses desperdícios. Evitar movimentações desnecessárias é a principal oportunidade de agregar mais valor ao processo produtivo. São 587 segundos por ciclo de deslocamento do operador, não somente gerando ineficiência no processo, mas também fadiga ao longo do tempo. O segundo item da lista está relacionado ao superprocessamento, responsável por 211 segundos de desperdícios por tempo de ciclo.



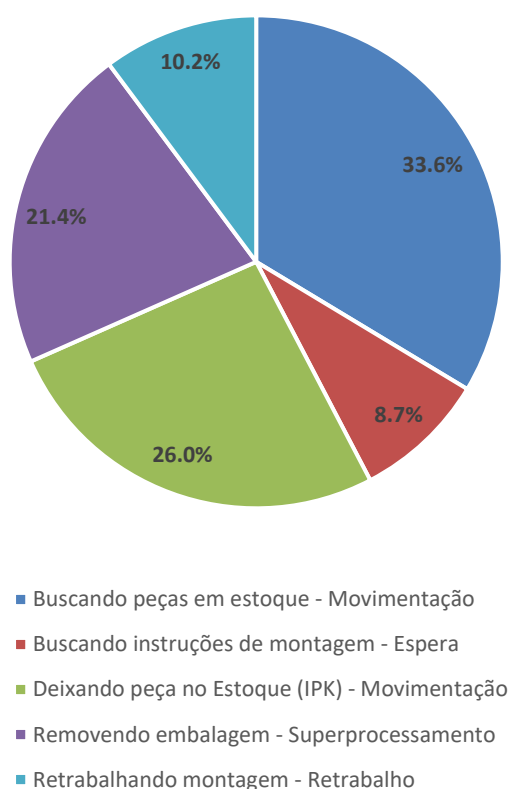
Fonte: elaborado pelo autor.

Estratificando, ainda mais, essas informações entende ser que, as movimentações desnecessárias incluem busca de peças em estoque, e são responsáveis por 33,6% dos 983 segundos das atividades sem valor agregado desnecessárias e movimentações para deixar peças acabadas no estoque representam 26,0% desse montante. Em consonância com o estudo realizado, encontra-se semelhança com o resultado de outros trabalhos já realizados como de Deguirmendijan (2016), Sreekumar, Chhabra eYadav (2018), Cotrim et al. (2019), Silva (2020), Quenehen (2022), que conseguiram identificar gargalos de produção e desperdício de tempo que foram solucionados com mudança de *layout*, organização no ambiente de produção.

É importante ressaltar o superprocessamento, tem um ônus nesse processo, representando 21,4% do valor total como ilustra a Figura 7, abaixo. Quanto ao tempo de retrabalho, que representa 10,2% do total de atividade que não agrega valor desnecessária, é importante reforçar que em algumas coletas foi identificado esse item

e em outras não, porém entrevistando melhor o operador, ficou claro que pelo fato da estratégia de materiais naquele momento permitir peças similares no ponto de uso embora seja de configuração diferente da que ele esteja montando, isso aumenta significativamente a chance de serem montados componentes errados na configuração que se deseja montar. Mais um ingrediente para que seja otimizado o *layout* de forma que se permita somente o necessário no posto de montagem.

FIGURA 7. Estratificação dos desperdícios no processo de montagem das tubulações.



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao se propor técnicas que eliminem trabalhos que não agregam valor é importante entender não somente a atividade que está proporcionando esse desperdício, mas também qual o método de processos e logística está sendo aplicado nessa atividade.

Um trabalho experimental, envolvendo o uso de robôs colaborativos em atividades de montagem de produto, juntamente com operadores que conhecem a filosofia *Lean*, como também suas ferramentas, foi desenvolvido neste sentido de eliminar os resíduos do tempo de ciclo, a experiência obteve uma resposta positiva, houve uma redução de 6,5 segundos o que representa uma economia de 14% no tempo gasto na produção deste produto (QUENEHEN et al, 2022). Outras pesquisas

devem ser desenvolvidas neste sentido, mas já se pode vislumbrar uma combinação entre homem e tecnologia para excluir o maior desperdício no tempo do ciclo.

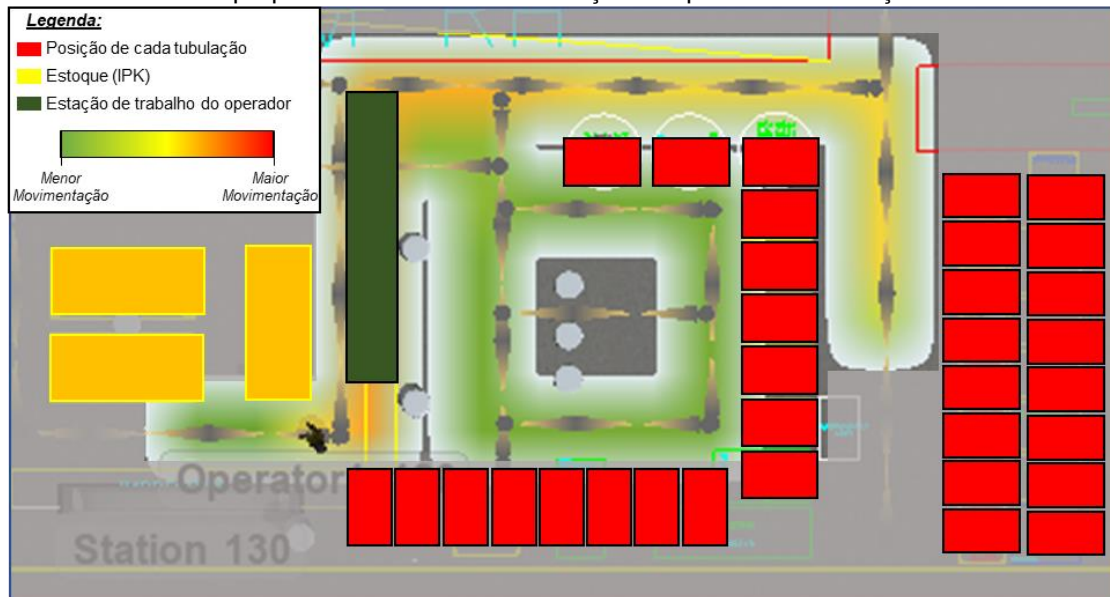
Para tal discussão foi verificado que a atividade de montagem das tubulações conta com 25 combinações diferentes, dependendo da configuração de máquina solicitada pelo cliente, o que gera 33 variações de tubos, ou códigos de tubulações distintas (*part numbers*) na linha de montagem.

No momento dessas coletas iniciais, o método de replanejamento solicitava que todas as 33 tubulações estivessem disponíveis na linha de montagem ao montador, independentemente se seria ou não utilizado em algum momento daquele ciclo e sem levar em consideração a sazonalidade ou percentagem de utilização daqueles componentes. Foi observado, portanto, que no desenvolvimento das configurações do produto, em momento algum foi discutido a melhor estratégia de replanejamento das peças no ponto de uso, gerando assim impactos de *Body Travel* ao operador e utilização inadequada do *layout* da linha. O que está em concordância com o achado no estudo realizado na Índia, por Sreekumar, Chhabra e Yadav (2018) que constataram que a produtividade é afetada por dezesseis fatores que influenciam a capacidade de produzir na empresa, em especial na indústria manufatureira, entre eles o *design* do produto bem como o plano de processo a ser executado, impacta diretamente sobre a quantidade e valor do que é produzido.

Também como objetivo do trabalho, foi simulado uma proposta de *layout* com as devidas modificações que possam otimizar o processo. Embora as simulações ainda necessitem de validações físicas e aplicação do mesmo método descrito na sessão de Materiais e Métodos para o estado futuro, a Figura 8 representa um cenário sem a utilização de replanejamento de materiais com *kits* específicos de tubulação para 1 máquina, ou seja, todas as tubulações, independente se a configuração de montagem necessita ou não daquele componente, está disponível na estação de trabalho para o operador.

Todos os blocos em vermelho, representam as 33 diferentes tubulações que podem ser montadas em uma das 25 configurações possíveis (cada máquina possui de 6 a 10 diferentes tubulações). O bloco em verde representa a estação de trabalho onde o operador realmente executa a atividade, e os blocos em amarelo representam o estoque do componente depois de finalizada a montagem. O percurso percorrido pelo operador aparece sombreado com um código de cores, onde quanto mais escura a cor, mais vezes o operador passou por aquele caminho, conforme informação da legenda da figura.

FIGURA 8. *Body Travel* de um operador para montagem de tubulações de pulverizador autopropelido com todas as tubulações disponíveis na estação.

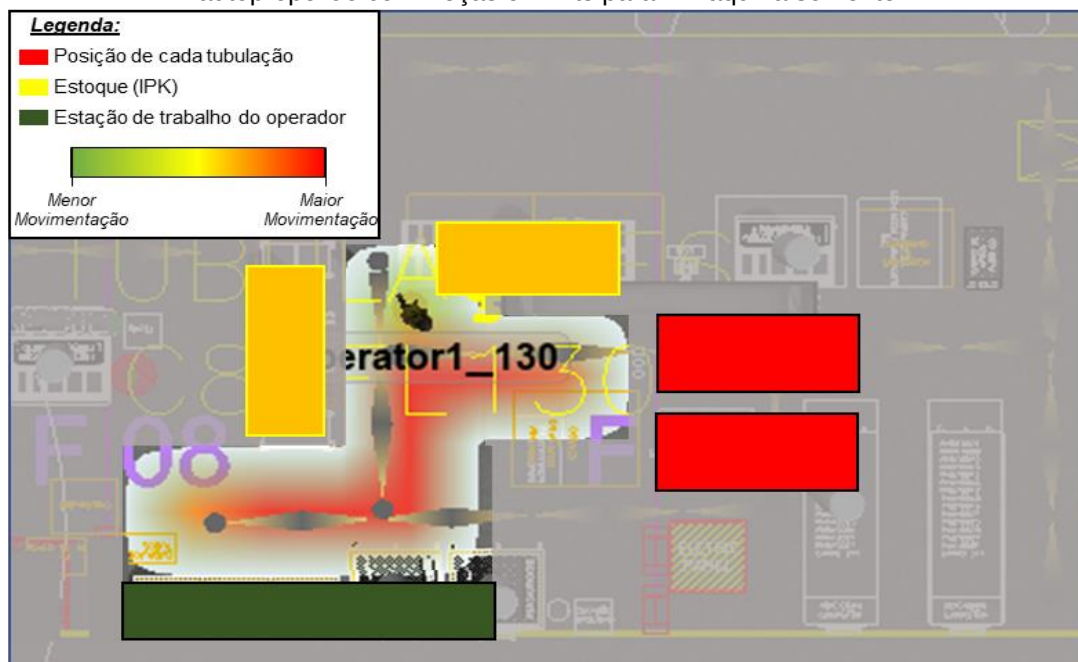


Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que o estudo produzido por Więcek-Janka, Pawlicki, Walkowski (2018) na Polônia, corrobora com a mudança de *layout* na empresa levando-se em consideração do que será produzido, levantamento sobre as principais funções do produto a ser fabricado, suas especificações, um olhar sobre as estações de trabalho existentes na fábrica e principalmente no tempo em que se gasta preparando e produzindo, com a organização do *layout* é possível reduzir o número de funcionários e com isso a empresa teve um ganho financeiro, como também a redução do tempo de espera pelo cliente na entrega do produto adquirido. Também temos que uma empresa precisa de aprimoramento no sistema produtivo, que pode ser alcançado por meio da organização do *layout*, conhecendo seus gargalos e eliminando os desperdícios existentes no processo produtivo (CARVALHO, SCHNEIDER, PARREIRA, CHAPOVAL NETO, 2019).

Na Figura 9 é apresentada a simulação de uma proposta de *layout* com as devidas modificações que possam otimizar o processo. O replanejamento de materiais que anteriormente tinha todas as 33 tubulações disponíveis para o operador, independente da configuração que seria montada, passa a contar com *kits* específicos de tubulação para a máquina específica que o operador precisa montar (cada máquina possui de 6 a 10 diferentes tubulações) mais um *kit* extra para a próxima máquina a ser montada.

FIGURA 9. *Body Travel* de um operador para montagem de tubulações de pulverizador autopropelido com Peças em Kits para 1 máquina somente.



Fonte: elaborado pelo autor.

Dessa forma, o operador não precisa se preocupar com 33 diferentes locais possíveis de tubulações, ou andar maiores distâncias por particularidades do processo e sim saber que as tubulações necessárias para aquela máquina, em específico, estão ao seu lado e na ordem necessária.

Importante mencionar que para a criação dos *kits* sem adição de conteúdo de trabalho para a logística, foi necessário a negociação da execução da montagem dos *kits* já no fornecedor sem custo adicional para essa operação. Dessa forma, o fornecedor que anteriormente montava a embalagem com uma tubulação específica por embalagem, passou a montar embalagens com tubulações diversas que compõe a necessidade de uma máquina específica, formando o que chamamos de *Kits* de tubulações.

Para Coutrim et al. (2019) a ampliação do uso da ferramenta DE possibilita a verificação das melhorias no processo produtivo, com a redução de movimentação do funcionário, tendo como resposta um melhor desempenho e satisfação por parte do trabalhador.

Outro benefício da proposta é garantir que somente o volume de produção necessária estará disponível ao operador, evitando um superprocessamento, além de evitar retrabalho, uma vez que o *kit* constará somente os componentes exatos necessário para montagem daquela máquina específica.

Desta maneira ao se aplicar uma ferramenta de organização, há uma melhoria

na utilização da mão de obra, redução na movimentação em excesso de pessoal e material, como também propiciar um fluxo contínuo dos materiais na linha de produção, com isso a redução nas falhas, tempo e atrasos passam a ser minimizados na medida em que há um ganho na produtividade, isso é em decorrência somente do arranjo do espaço físico (BIANCHE et al., 2020).

A partir do novo *layout* proposto foi verificado os desperdícios conforme descritos na sessão de materiais e métodos. A Tabela 4 abaixo traz os valores encontrados para os mesmos desperdícios encontrados anteriormente, mas agora no cenário com o *layout* e pagamento de materiais otimizado para o operador. Foram feitas 5 coletas.

TABELA 4. Tempos de desperdício por atividades após melhorias do *Layout* e estratégia de pagamento das tubulações.

Título	Tipo de Desperdício	Coletas					Média	Desvio Padrão	Variância
		1	2	3	4	5			
Buscando peças em estoque	Movimentação	321	318	310	345	360	331	20.9	436.7
Buscando instruções de montagem	Espera	92	83	87	86	80	86	4.5	20.3
Deixando peça no Estoque (IPK)	Movimentação	270	262	251	249	248	256	9.6	92.5
Removendo embalagem	Superprocessamento	205	218	202	216	213	211	7.0	48.7
Retrabalhando montagem	Retrabalho	37	0	208	256	0	100	122.4	14992.2
Tempo total de Ciclo [s]:		925	881	1058	1152	901	983.4	116.9	13669.3

Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo demonstra ter um potencial de 74% de redução no tempo de atividades que não agregam valor, que são desnecessárias, como pode se ver na Tabela 5, onde o fato de não ter componentes similares disponível para o operador e consequentemente menos exposição ao erro com retrabalhos foi a maior redução em percentual (96%). A diminuição de movimentação do operador em busca de peças ou deixando o conjunto acabado no estoque (IPK) representam grande redução no tempo total de desperdício, caindo de 331 segundos para 100 segundos na coleta das peças e de 256 segundos para 86 segundos para deixar o conjunto no estoque. Essa diminuição nas movimentações tem um impacto direto também em diminuir a fadiga do operador no dia a dia, embora esse não seja um objeto desse estudo.

TABELA 5. Potencial de redução de desperdícios com a proposta do projeto.

Desperdício	Tipo de Desperdício	Antes [s]	Depois [s]	Potencial de redução
Buscando peças em estoque	Movimentação	331	100	70%
Buscando instruções de montagem	Espera	86	17	80%
Deixando peça no Estoque (IPK)	Movimentação	256	86	66%
Removendo embalagem	Superprocessamento	211	46	78%
Retrabalhando montagem	Retrabalho	100	4	96%
		983	254	74%

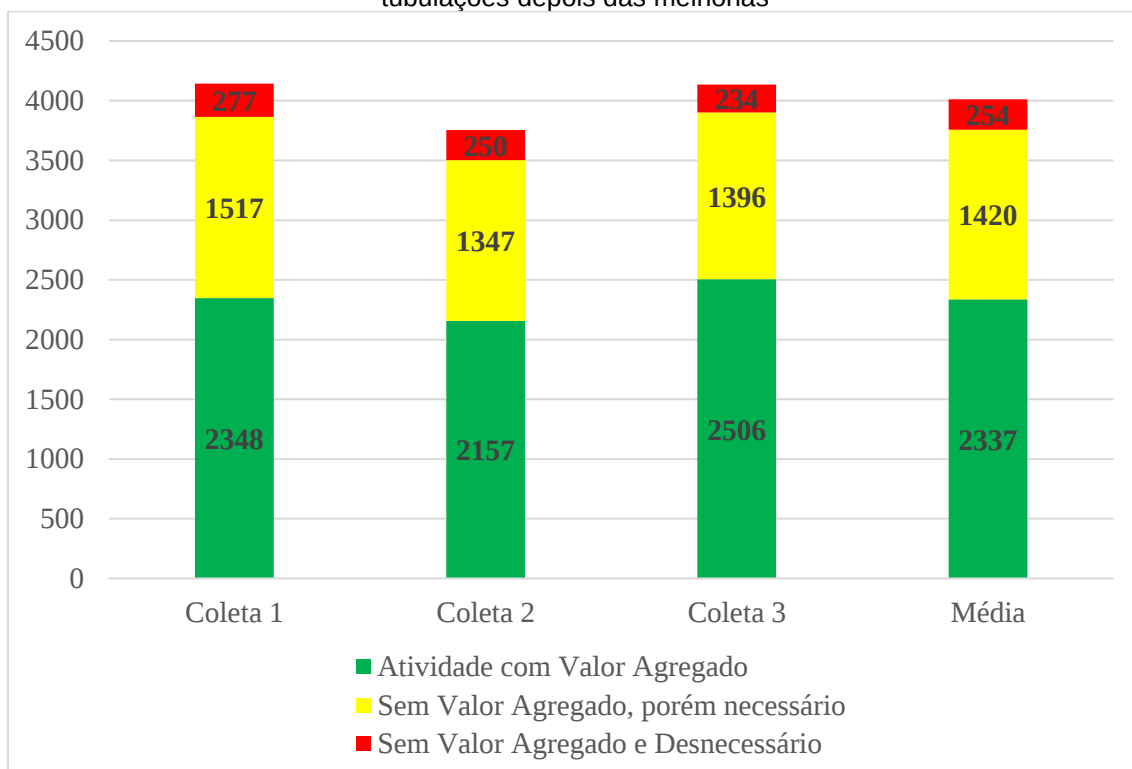
Fonte: elaborado pelo autor.

Este resultado pode ser encontrado em um trabalho que utilizou a aplicação do métodos de *Lean Manufacturing* em uma empresa da Polônia, que obteve um aumento em sua eficiência de potencial de 80%, isso permitiu estimar o número de produtos acabados que o operador é capaz de produzir durante sua jornada de trabalho. A aplicação das ferramentas *Lean Manufacturing*, são fundamentais para ajudar os gerentes de departamento a definirem o tempo necessário para execução um determinado pedido e assim estimar o tempo necessário para que o pedido fique pronto e com isso o setor de logística será capaz de solicitar transporte, evitando assim atrasos na entrega dos produtos (RADECKA, 2022)

Os temas de movimentação são minimizados com a alteração da metodologia de replanejamento dos componentes no Ponto de Uso e otimização do *layout* de montagem das tubulações e outros itens como superprocessamento, espera e retrabalho devem ser eliminados com a estratégia proposta.

Na Figura 10 pode se observar que o tempo demandado com atividades que não agregam valores diminuiu, e com isso o potencial de produção da fábrica está sendo melhor explorado com a aplicação das ferramentas *Lean Manufacturing*.

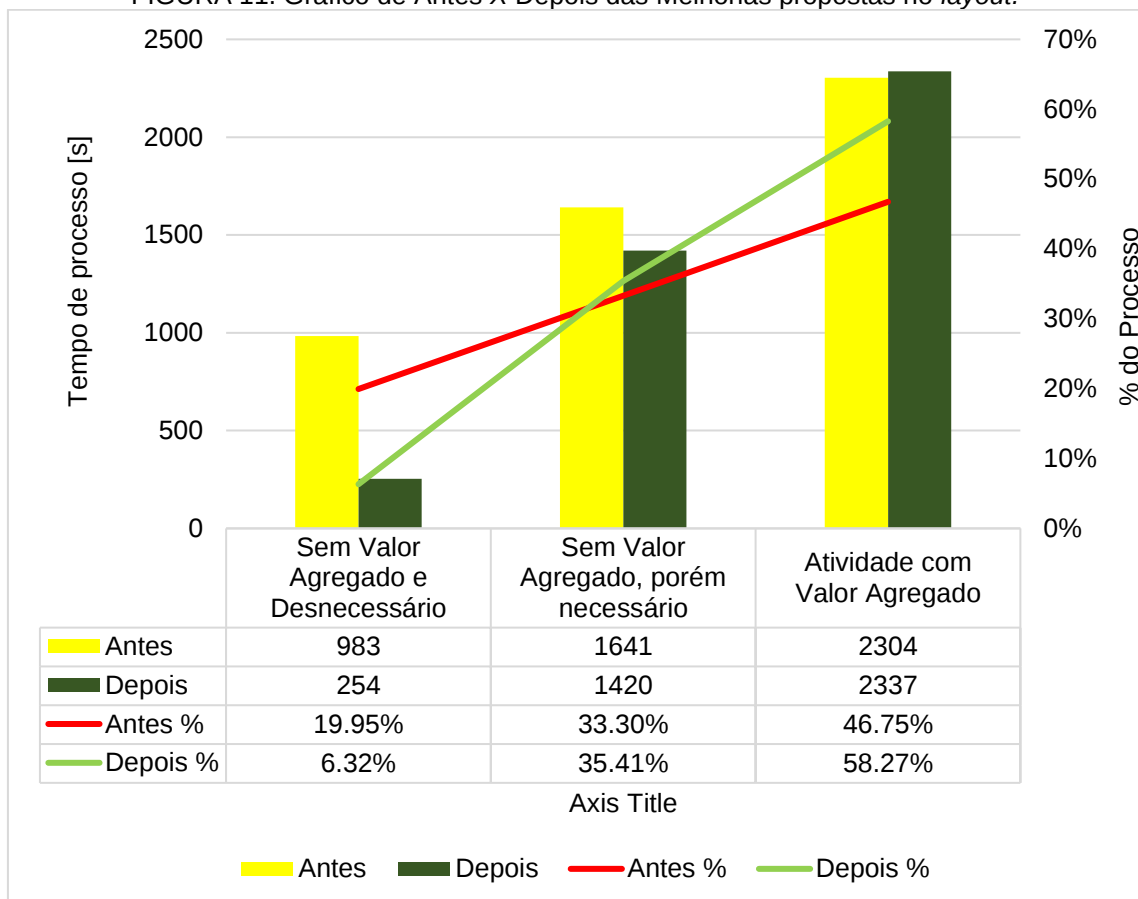
FIGURA 10. Gráfico de Yamazumi com tempo de atividades do processo da montagem das tubulações depois das melhorias



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com Coutrim (2019) os desperdícios podem ser reduzidos, há um melhor aproveitamento do tempo, uma diminuição no trajeto feito pelo funcionário, assim como, menor movimentação no trajeto percorrido por materiais no espaço produtivos, que podem ser modificados pela mudança de *layout* da linha de produção. Para Sreekumar, Chhabra, Yadav (2018) o fator de desempenho é algo de grande importância para a sobrevivência da empresa, e monitorar para identificar quais pontos estão envolvidos nesse processo é algo que supervisores, gestores devem estar atentos com uma frequência significativa para se obter um resultado satisfatório.

Podemos analisar na figura 11 o quanto a melhoria proposta significa na otimização do processo de montagem das tubulações, onde as atividades desnecessárias que não agregam valor diminuíram de 19.95% para 6.32% (redução de 729 segundos de desperdício por ciclo) e consequentemente atividades que agregam valor subiu de 46.75% para 58.27% do tempo total de atividades.

FIGURA 11. Gráfico de Antes X Depois das Melhorias propostas no *layout*.

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao analisar o tempo gasto nas movimentações que são realizadas buscando peças no estoque, deixando peças no IPK, montando os componentes, enfim as movimentações inerentes ao processo de montagem da tubulação do sistema de solução dos pulverizadores autopropelidos.

Observa-se na Tabela 6, que com a implementação das melhorias realizadas com o DE e a alteração de *layout* houve uma redução no tempo gasto com movimentações no espaço produtivo que não agregam valor ao processo de produção e nem ao produto. Essa redução demonstra um ganho significativo na linha de produção da empresa, gerando um aumento no potencial produtivo e minimizando o tempo de espera do cliente, como também uma melhora na qualidade de vida do operador, pois ele não apresenta um desgaste físico excessivo durante a realização das atividades necessárias para a montagem da tubulação do sistema de solução do pulverizador autopropelido.

TABELA 6. Comparação da atividade sem valor agregado de movimentações.

	Tempo médio gasto na movimentação (s)
Antes da melhoria	587
Depois das melhorias	186

Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado apresentado na amostra, corrobora com o estudo de Rieg et al. (2023), que juntamente com a ferramenta 5S da *Lean Manufacturing* e aplicação do DE, conseguiram identificar desperdícios de tempo e movimentação no setor produtivo, obtendo como resultado a eliminação de movimentações desnecessárias, diminuindo significativamente o Lead time, além de uma redução no desgaste físico do trabalhador, proporcionando um retorno em ganho real para a empresa de movimentação e tempo no que se refere aos processos.

Antes da implementação das melhorias no processo produtivo podemos observar na Tabela 7, o tempo gasto com atividades de superprocessamento era de 211 segundos e com as implementações passou a ser de apenas 46 segundos. Representando assim uma redução de aproximadamente 78% dessa atividade que não agregam valor, o que gera uma contribuição para a diminuição de geração de custos para a produção.

TABELA 7. Comparação da atividade sem valor agregado de superprocessamento.

	Tempo médio gasto no superprocessamento (s)
Antes da melhoria	211
Depois das melhorias	46

Fonte: elaborado pelo autor.

Novamente foi possível obter esse resultado otimizando o *layout* e principalmente não tendo mais materiais do que o necessário para o processamento do operador, que é também uma das filosofias do *Lean Manufacturing*. Este resultado segue o mesmo sentido encontrado por Radecka (2022), em uma empresa na Polônia que com a implementação das ferramentas *Lean Manufacturing*, conseguiu uma redução de 8% para apenas 3%, demonstrando um ganho significativo e um melhoramento nas despesas de produção.

Após as melhorias serem realizadas, o processamento incorreto que gerava um gasto de 100 segundos, passou a ser mínimo (média de 4 segundos nas coletas realizadas) durante as atividades de montagem da tubulação do sistema de solução do pulverizador autopropelido como pode ser observado na Tabela 8, principalmente pelo fato de não termos peças similares disponível para o operador.

TABELA 8 - Comparação da atividade sem valor agregado de retrabalho.

Tempo médio gasto no retrabalho (s)	
Antes da melhoria	100
Depois das melhorias	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Retrabalhos, conforme mencionado nas referências bibliográficas é sempre indesejado, e minimizar elementos que possam influenciar em atividades incorretas é muito importante para que em processos manuais de montagem possa se evitar essa atividade sem valor agregado o otimizar a eficiência do processo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Primeiramente, conforme proposto nos objetivos, nesse trabalho foi possível identificar todos os desperdícios no processo de montagem das tubulações em uma fábrica de Pulverizadores autopropelidos uma vez que foi mapeado todas as atividades que não agregam valor e não são necessárias nesse processo, bem como mensurar as mesmas. Essa técnica pode ser facilmente replicada em diversas outras pesquisas com o mesmo intuito de *Lean Manufacturing*.

Também de acordo com os objetivos propostos, foi proposto diversas técnicas associadas à manufatura enxuta para identificar, processar e atuar nos trabalhos que não agregam valor. Essas técnicas foram utilizadas ao longo da pesquisa que em combinação à apresentação da proposta de um novo *layout* (terceiro objetivo proposto), trouxe grandes potenciais de eficiência para o processo estudado, sendo capturado melhorias em movimentações, superprocessamento e retrabalhos.

O modelo proposto necessita acompanhamento para validação, mas tem um potencial de redução de 74% das atividades que não agregam valor e são desnecessárias no processo de montagem de tubulações do sistema de solução dos pulverizadores autopropelidos. Esse valor representa 730 segundos por ciclo, o que representa aproximadamente 15% do tempo de um ciclo. Com esse valor de redução, dependendo do volume diário de produção, pode representar um ganho significativo em otimização de recursos utilizando técnicas simples de *Lean Manufacturing*.

A presente pesquisa evidência, também, a importância do trabalho em conjunto do desenvolvimento de processos e métodos de replanejamento de componentes em uma linha de produção, onde utilizar métodos convencionais com a disposição de todos os materiais na linha, independentemente de um estudo de sazonalidade e frequência de utilização, se mostra ineficiente e com alto potencial de desperdícios.

É fundamental que tais pontos sejam trabalhados desde o início de desenvolvimento dos projetos a fim de evitar custos de processo, logística e ineficiência na linha de produção. E para isso o Diagrama de Espaguete se mostrou uma ferramenta do *Lean Manufacturing* capaz de atingir os objetivos propostos, que eram identificar os desperdícios no processo e apresentar uma proposta de *layout* com as devidas melhorias.

Como mencionado anteriormente, para o sucesso do *Lean Manufacturing* é muito importante uma cultura organizacional forte e compartilhada. Para o presente trabalho, o engajamento dos operadores para a proposta de mudança do *Layout* foi

extremamente importante. Dessa forma, a implementação das modificações foram feitas sem resistência, onde todos se sentiram parte da transformação e da melhoria. Podemos dizer que o operador, assim como os demais envolvidos se sentiram agentes da transformação.

Notou-se que o potencial produtivo da empresa teve um ganho significativo com a redução de 69% em atividades de movimentação que não agregam valor e pode inclusive diminuir fadiga dos operadores.

Por fim, nota-se que todos os objetivos do escopo dessa pesquisa foram cumpridos e também é possível a aplicação dessa metodologia à outros processos com potenciais de ganhos equivalente à esse. Como continuidade desse projeto, temos a oportunidade não só de validar as propostas aqui apresentadas, bem como escalonar esse método para outros componentes da atual linha de produção de pulverizadores autopropelidos e outros produtos com a mesma dinâmica de produção e replanejamento de materiais que possa ser aplicável. A otimização de atividades que não agregam valor, mas são necessários ao processo, não foi explorado nesse trabalho, mas também são oportunidades para projetos futuros.

Importante mencionar também que na metodologia de trabalho do *Lean Manufacturing* estamos em um ciclo contínuo de oportunidades de melhorias, portanto repetir o método utilizado irá certamente encontrar ainda mais potenciais de otimização dos processos.

REFERÊNCIAS

- ALBERNAZ, D. F. **PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF GLASS AND CARBON FIBER BARS FOR SELF-PROPELLED SPRAYERS**. Energia na Agricultura (CD Rom), v. 35, p. 330-338, 2020.
- ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; PELLEGRIN, I; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 326 p.
- AKPAN, E. O., & AKPAN, A. E. **Spaghetti Diagram: A Tool for Improving the Efficiency of Manufacturing Process**. The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences, 2017, 110-124.
- ALVES MENDES, M.; BARBOSA DA SILVA COSTA, T.; MONTEIRO, N. J. **Propostas de melhorias para o processo de fabricação de selas tradicionais: um estudo de caso em uma selaria em Marabá - PA**. Sistemas & Gestão, [S. l.], v. 17, n. 2, 2022. DOI: 10.20985/1980-5160.2022.v17n2.1641. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1641>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- AMATO NETO, J. **A indústria de máquinas agrícolas no Brasil: origens e evolução**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 57-69. 1985.
- ARAÚJO, L. C. G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- ARTH BARTZ, A. P.; WEISE, A. D.; RUPPENTHAL, J. E. **Aplicação da manufatura enxuta em uma indústria de equipamentos agrícolas**. Ingeniare. Rev. chil. ing., Arica, v. 21, n. 1, p. 147-158, abr. 2013. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100013&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 31 Dez. 2022.
- BALAJI, V., Subramanian, N., & Swaminathan, J. (2016). **Reducing WIP, cycle time and cost in Aircraft Manufacturing using Lean**. IEEE 7th Annual Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Milwaukee, WI, 1-6.
- BALLE, Michael. **What is Lean?** Lean Enterprise Institute, Disponível em: <https://www.lean.org/WhatsLean/> Acesso em: 01 de julho de 2021.
- BHAMU, J., SANGWAN, K.S. **Lean manufacturing: literature review and research issues**. *International Journal of Operations and Production Management*, V. 34, N. 7. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271029631_Lean_manufacturing_Literature_review_and_research_issues. Acesso em: 29 de Out 2022.
- BERTANI, T. M. **Lean healthcare: recomendações para implantações dos conceitos de produção enxuta em ambientes hospitalares**. 2012. Dissertação (Mestrado em Processos e Gestão de Operações) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. doi:10.11606/D.18.2012.tde-29102012-235205. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-29102012-235205/pt-br.php>. Acesso em: 17 de dez 2022.

BIANCHET, F. S.; SBEGHEN, M. R.; SOUZA, C. J.; ZANETTI, M.; MELLO, J. M. M.; MACHADO JUNIOR, F. R. S.; COSTELLA, M. F.; DALCANTON, F. **Implementação de Ferramentas da Filosofia Lean em uma Linha de Peito de Frango In Natura**. Revista ADM.MADE, v. 24, n. 1, p. 55-74, 2020. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/58818/implementacao-de-ferramentas-da-filosofia-lean-em-uma-linha-de-peito-de-frango-in-natura>. Acesso em: 02 Jan 2023.

BLACK, J. T. **The design of the factory with a future**. New York, McGraw - Hill, 1991.

CARLSON, B. C. 2015. **Assessment of Carbon and Glass Composite Materials for Boom Development**. 2015. Disponível em: . Acesso em: 21 de Mai 2022...:
CARVALHO, P. S.; SCHNEIDER, V. A.; PARREIRA, L.; CHAPOVAL NETO, A. Proposta de implantação de uma célula de manufatura: um estudo de caso em uma metalúrgica. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n. 4, p. 114 – 133, 2019.

COSTA, A. V. S.; SANTANA, A. V. N.; OLIVEIRA, J. M.; LUZ, M. C. M. **Aplicação dos Princípios do Programa 5S em uma Loja de Materiais de Construção de Mãe do Rio/Pará**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. Anais do XXXIV ENEGEP. Curitiba: 2014, p.1-12.

COUTINHO, T. **O Diagrama de Espaguete atua como um grande aliado nos projetos de otimização de layout**. Voitto, publicado em 09/12/2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 12 de dez 2020.

COUTINHO, F. M. J. AQUINO, J. T. **Os 5s Como Diferencial Competitivo Para o Sistema de Gestão da Qualidade: Estudo de Caso de Uma Empresa de Aços Longos**. Revista Gestão.Org, v. 13, n. 2, 2015. p 176-186 ISSN 1679-1827. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/gestaoorg/article/view/22077>. Acesso em: 29 Dez 2022.

COTRIM, S. L., DE ARAÚJO, G. A., VALENTE, B. C., LEAL, G. C. L., GALDAMEZ, E. V. C. **Implantação do programa 5S em uma fábrica de vassouras de garrafa PET a partir do Diagrama Espaguete**. Revista Thema, V16, N 3, 516–530, 2019. <https://doi.org/10.15536/thema.V16.2019.516-530.1235>. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1235>. Acesso em: 17 de dez 2022.

DEGUIRMENDJIAN, S. C. **Lean Healthcare: Aplicação do Diagrama de Espaguete em uma Unidade de Emergência**. DissSCD, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7405/DissSCD.pdf?sequence=1&isA>. Acesso em: 21 de maio 2022

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Máquinas para agricultores familiares: idéias, inovações e criações** apresentadas na 3ª mostra de máquina e inventos: Brasília: EMBRAPA, 2015. 187 p.

FARIA, A. F.; GALVÃO, M. F.; LEMOS, C. F. V. B.; RODRIGUES, M. F. C.; SUZUKI, J. A. **Implantação do Programa 5S: Pesquisa-Ação em um Centro Tecnológico Público e Prestador de Serviço**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. Anais do XXXIV ENEGEP. Curitiba: 2014, p.1-17

FERREIRA DE SOUZA, L.; KAREN AMORIM FREIRE SANJULIÃO, L.-R. .; VOLPE RODRIGUES, T.; AMORIM DOS SANTOS, A.; HENRIQUE FERNANDES, C. **Implantação do programa 5s no estoque de uma contrutora civil: estudo de caso na cidade de passos – MG.** The Journal of Engineering and Exact Sciences, Viçosa/MG, BR, v. 6, n. 3, p. 0350–0357, 2020. DOI: 10.18540/jcecvl6iss3pp0350-0357. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/10619>. Acesso em: 30 dez. 2022.

FREITAS, E. B. **Diagrama de Espaguete. Engenharia de Produção**, v 5, 2013. Disponível em: http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com.br/2013/03/diagrama-de-Espaguetespaghetti_10.html. Acesso em: agosto, 2015.

GASTINEAU, D. A.; DIETZ A. B.; PADLEY, D. J. **Human Cell Therapy Laboratory: Improvement Project.** EUA: Mayo Clinic, 2009.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 3 ed. 1999. <https://patentimages.storage.googleapis.com/a8/24/ee/97199b158acebc/US6966501.pdf>

Hogun, K., Haksoo, K., & Hanjun, K. (2015). **Process improvement using spaghetti diagram and simulation: case study of a logistic company.** Journal of Industrial Engineering and Management, 8(2), 363-379.

JONES, Daniel T. et al. **Lean management and manufacturing: a forgotten connection.** Journal of manufacturing technology management, v. 24, n. 8, p. 1180-1192, 2013.

KRNACOVA, P. MALEGA, P. DANESHJ, N. RUDY, V. **Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study.** TEM Journal. V. 10, Issue 2, 573-582, ISSN 2217-8309, DOI: 10.18421/TEM102-12. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352043232_Application_of_Spaghetti_Diagram_in_Layout_Evaluation_Process_A_Case_Study#:~:text=The%20case%20study%20of%20the,two%20new%20proposals%20of%20layout. Acesso em: 24 dez. 2022.

KUMAR, D., KUMAR, S., & KUMAR, S. (2015). **An implementation of Lean Manufacturing in a manufacturing industry.** International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering, 2(6), 14-20.

LAZZAROTTO, T. C.; PAZUCH, C. M.; BACK, L.; SCHUTZ, F. C. A. **Proposta de Implantação do Programa 5S em um Laboratório de Industrialização de Vegetais da UTFPR Campus Medianeira.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31. 2011, Belo Horizonte. Anais do XXXI ENEGEP. Belo Horizonte: 2011, p.1-9.

LEXICO LEAN. **Glossário Ilustrado para praticantes do Pensamento Lean.** 4 ed. Lean Enterprise Institute, 2003.

LIKER, J. K. **The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer.** McGraw-Hill, 2004

LOPES, R.A.P. **Tratores e motores agrícolas.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Engenharia Agrícola, 2009. Disponível em: <http://www.dea.uem.br/disciplinas/tratoresemotores/tratoresemotores.pdf>. Acesso em: 15 Jul. 2023.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2ª Ed. Ver. E ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NUNES, A.M. et al. **Proposta de um o modelo de arranjo físico: estudo de caso numa panificadora em Campina Grande-PB**. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Bento Gonçalves/RS, 2012.

OBARA, S. Toyota by Toyota – **Reflections from the inside**. Taylor & Francis USA, 240 p, 2012.

OGBONNA, C., & Harris, L. **Leadership Style, Organizational Culture and Performance: Empirical Evidence from UK Companies**. The International Journal of Human Resource, 11, 766-788, 2000

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production**. Productivity press. 1988

OLIT, D. F.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem**. 3. ed., Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C.A.P. **Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470, 2007.

PEINADO, J. GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços** Curitiba: UnicenP, 2007.

PERES, A. J. A. **Volume de aplicação na qualidade da deposição da pulverização na cultura do algodoeiro**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2014. 55 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Botucatu, 2014.

PIEŃKOWSKI, M. **Waste measurement techniques for lean companies**. *Lean Thinking*, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2014.

QUENEHEN, A., POCACHARD, J; KLEMENT, N; ROUCOULES, L; GIBARU, O. **Lean techniques application towards efficient collaborative robot integration: an experimental study**. *Production*. V. 31, 2–15, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/RsCr5b4pJQvKHXGpgJmy7Kt/?lang=en>. Acesso em: 30 Dez. 2022.

RADECKA, K. Improving Business Maintenance Processes Using *Lean Manufacturing Tools* – Case Study. **Scientific Papers Of Silesian University Of Technology. Organization And Management Series**. N. 156, 2022. Disponível em: <https://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/2022/05/Radecka.pdf>. Acesso em: 05 Jan 2023.

RAY, T.S. Foraging behavior in tropical herbaceous climbers: British Ecological Society. *Journal of Ecology*, v.80, 1992.

RIEG, D. L. .; PERMIGIANI, A. M. .; BAPTISTA, E. P. .; FAMÁ, G. R. .; SCRAMIM, F. C. L. . **Aplicação do Diagrama De Espaguete Para Rearranjo Do Processo Produtivo E Minimização Do Desperdício De Movimentação Em Uma Empresa Manufatureira**. *Revista Foco*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. e795, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n1-085. Disponível em: <https://focopublicacoes.com.br/foco/article/view/795>. Acesso em: 10 feb. 2023.

SANTOS, V.F. M. **O que é um gráfico Yamazumi?** 20 de outubro de 2018. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/grafico-yamazumi#:~:text=Yamazumi%20%C3%A9%20uma%20palavra%20japonesa,Agregado%20a%20Valor%20ou%20Desperd%C3%ADcio>. Acesso em: 17 dez. 2022.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007. 304 p.

SHAH, R.; WARD, P. **Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance**. Journal of Operations Management, v.25, n.4, p. 821-841, 2007.

SHINGO, S. **Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system**. Productivity Press. 1986

SILVA, A. L. F. da. Proposta de melhoria de layout: um estudo de caso no setor de aramados de empresa metalúrgica. **Refas - Revista Fatec Zona Sul**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 13–26, 2020. Disponível em: <https://www.revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/389>. Acesso em: 17 dez. 2022.

SLACK, N. CHAMBERS, S. JONHNSTON, R. **Administração da produção**; tradução Henrique Luiz Corrêa. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009

SREEKUMAR, M. D., CHHABRA, M. YADAV, R. **Productivity in Manufacturing Industries**. International Journal of Innovative Science and Research Technology, V.3, N.10, 634-639, 2018. Disponível em: <https://www.ijisrt.com/productivity-in-manufacturing-industries>. Acesso em: 30 dez. 2022.

VASCONCELLOS, L. H. R.; FERREIRA, F. C. M.; SANTOS, M. S. D. **A Relação das Práticas do 'Lean Manufacturing' e o Desempenho Operacional: Um Estudo no Setor de Autopeças**. Revista Gestão & Tecnologia, v. 19, n. 5, p. 276-295, 2019.

TONON, M. A. B. et al. **Implantacao do sistema 5s de qualidade, como ferramenta de melhorias em um servico de refeicao a educandos em uma escola particular no interior de sao paulo**. International Journal of Health Management Review, V. 4, N. 2, 2018. Disponível em: gale.com/apps/doc/A681547804/AONE?u=anon~c24d15aa&sid=googleScholar&id=3ce8d49a. Acesso em: 30 Dez. 2022.

VIAN, C.E.F.; ANDRADE JÚNIOR, A.M.; BARICELO, L.G.; SILVA, R.P.D. **Origens, evolução e tendências da indústria de máquina agrícolas**. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2013.

VIEIRA, R. R. **Tempo de resposta de um controlador eletrônico em sistemas de aplicação a taxas variáveis em pulverizadores agrícolas**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"). Piracicaba, 2013.

WALTER, O. M. F. C; TUBINO, D. F. **Avaliação da implantação da manufatura enxuta: uma análise dos anais do ENEGEP**. Revista Produção Online, V.12, N. 3, 604–628. 2012. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v12i3.906>

WAHAB,A.N.A; MUKHTAR, M. SULAIMAN; M.D. R. **A Conceptual Model Of Lean Manufacturing Dimensions.** - Procedia Technology - The 4th International Conference On Electrical Engineering And Informatics (Icееi 2013). 1292 – 1298. 2013.

WIĘCEK-JANKA, E., PAWLICKI, J., WALKOWSKI, P. **Przykład wprowadzania usprawnień w procesach produkcyjnych (analiza wybranego przypadku).** N. 76, 271-282. 2018. Disponível em:
<http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-40ca457d-606d-4d2d-833f-b5bafccbb496>. Acesso em 31 Dez 2022.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. **Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation**, New York: Macmilkin Publishing Company, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 11. reimpr. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D.; e ROOS D. **The Machine that Changed the World**, New York: Rawson Associates, 1990.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.