

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA SUPORTE A
EFICÁCIA NA MONTAGEM INDUSTRIAL DE TRANSPORTADORES DE CORREIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

WILLIAM ORTIZ DOMINGUES

RIO GRANDE, RS

2021

WILLIAM ORTIZ DOMINGUES

**UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA SUPORTE A
EFICÁCIA NA MONTAGEM INDUSTRIAL DE TRANSPORTADORES DE CORREIA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) como requisito para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Mecânica” – Área de Concentração: Engenharia de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Carvalho Gomes

RIO GRANDE, RS

2021

Ficha Catalográfica

D671u Domingues, William Ortiz.

Utilização do mapeamento de fluxo de valor para suporte a eficácia na montagem industrial de transportadores de correia / William Ortiz Domingues. – 2021.

104 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Rio Grande/RS, 2021.

Orientador: Dr. Leonardo de Carvalho Gomes.

1. Lean manufacturing 2. Mapeamento fluxo de valor 3. Transportador de correia 4. Lead time I. Gomes, Leonardo de Carvalho II. Título.

CDU 621

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Valéria Carlosso dos Santos Mazui CRB 7/6742



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
ESCOLA DE ENGENHARIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
PPMec



Ata nº **12/2021** da Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Aos trinta dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e um, foi instalada a Banca de Defesa de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, às nove horas e trinta minutos, online via web conferência, a que se submeteu o mestrando **William Ortiz Domingues**, nacionalidade brasileira, dissertação ligada a Linha de Pesquisa simulação e controle de processos de fabricação, com o seguinte título: **UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR PARA SUPORTE A EFICÁCIA NA MONTAGEM INDUSTRIAL DE TRANSPORTADORES DE CORREIA**. Referendado pela Câmara Assessora do Curso, os seguintes Professores Doutores: Leonardo De Carvalho Gomes, Luciano Volcanoglo Biehl e Lucas Schmidt Goecks. Analisando o trabalho, os Professores da Banca Examinadora o consideraram:

1. Leonardo De Carvalho Gomes: _____ APROVADO
2. Luciano Volcanoglo Biehl: _____ APROVADO
3. Lucas Schmidt Goecks: _____ APROVADO

Foi concedido um prazo de 30 dias para o candidato efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora (anexo) e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. A ata foi lavrada e vai assinada pelos membros da Comissão.

Assinaturas:

1. _____
CPF: 885.669.350-04

Documento assinado digitalmente
LEONARDO DE CARVALHO GOMES
Data: 30/12/2021 10:56:57-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

2. _____
CPF: 575.195.100-00

Documento assinado digitalmente
Luciano Volcanoglo Biehl
Data: 30/12/2021 10:44:22-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

3. _____
CPF: 007.593.150-86

Documento assinado digitalmente
LUCAS SCHMIDT GOECKS
Data: 30/12/2021 12:08:37-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

William Ortiz Domingues: _____

Documento assinado digitalmente
WILLIAM ORTIZ DOMINGUES
Data: 30/12/2021 12:30:29-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

DEDICATÓRIA

Dedico a Universidade Federal do Rio Grande, por me proporcionar na graduação e mestrado, um excelente ensino. E aos meus pais pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Leonardo de Carvalho Gomes por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Aos meus pais Mara e Celso que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

A Haysla, minha noiva, por entender, e me auxiliar no momento de escrita desta dissertação.

Também quero agradecer à Universidade Federal do Rio Grande e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

RESUMO

A busca pelo aumento da produtividade industrial tem sido notória e cada vez mais intensa para a sobrevivência das empresas frente a um mercado competitivo. No segmento de grãos isso não difere, tanto para empresas montadoras de transportadores de correia como para empresas que fornecem equipamentos de movimentação de grãos. Com a tendência de crescimento na exportação, não só a plantação dos grãos deve ser considerada, mas também a movimentação deles. É crescente o aumento da demanda por fabricação e montagem de transportadores de correia, e procurando melhorar a produtividade frente a montagem dos equipamentos, o objetivo principal do trabalho é aplicar uma ferramenta do *Lean Manufacturing* conhecida como mapeamento de fluxo de valor (*Value Stream Mapping – VSM*). Para este estudo foi analisada a montagem de 08 equipamentos, o qual incluem processos de fabricação mecânica de dispositivos que auxiliam a montagem utilizados durante o processo, que fazem parte do corredor de exportação de uma cooperativa, tendo em vista como a aplicação do VSM pode auxiliar na eficácia da produtividade do recebimento dos componentes dos equipamentos até a sua montagem final. Ao longo dos primeiros meses de montagem foram identificados os gargalos da produção, tendo como foco principal o fluxo de informação deste e o planejamento até os colaboradores responsáveis pela montagem. O VSM descreve visualmente as principais etapas do processo, permitindo identificar as perdas e definir ações de melhorias para construir um novo processo com produtividade, qualidade e menor custo. Com a aplicação do VSM foi observado o estado atual, desde o recebimento das peças necessárias para a montagem até sua aplicação final, na montagem dos equipamentos. Sendo assim foi desenhado o mapa atual, calculando o *Lead Time* desde o recebimento dos materiais, carregamento e recebimento no local de montagem. Com o gargalo da produção identificado, o estado futuro do VSM foi ajustado para reduzir o *Lead Time* alto e, desta forma, reduzir as perdas do *Lean Manufacturing* e auxiliar na eficácia dos transportadores de correia.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, mapeamento fluxo de valor, transportador de correia, *Lead Time*.

ABSTRACT

The search for increasing industrial productivity has been notorious and increasingly intense for the survival of companies in a competitive market. In the grain segment, this does not differ, both for companies that assemble belt conveyors and for companies that supply grain handling equipment. With the growing trend in exports, not only the planting of grains must be considered, but also their movement. The increase in demand for manufacturing and assembly of belt conveyors is notorious and seeking to improve productivity in terms of equipment assembly, the main objective of the work is to propose the application of a Lean Manufacturing tool known as value stream mapping (VSM). For this study, the assembly of 08 pieces of equipment was analyzed, which include mechanical manufacturing processes of devices that help the assembly used during the process, which are part of the export corridor of a cooperative, considering how the application of the VSM can help in the efficiency of productivity from the receipt of equipment components to their final assembly. During the first months of assembly, production bottlenecks were identified, with the main focus on the flow of information from this and the planning to the employees responsible for the assembly. The VSM visually describes the main stages of the process, allowing you to identify losses and define improvement actions to build a new process with productivity, quality and lower cost. With the application of the VSM, the current status was observed, from the receipt of the parts necessary for the assembly until their final application, in the assembly of the equipment. Thus, the current map was drawn, calculating the Lead Time from the receipt of materials, loading and receipt at the assembly site. With the production bottleneck identified, the future state of the VSM was adjusted to reduce the high Lead Time and, in this way, reduce Lean Manufacturing losses and assist in the efficiency of the belt conveyors.

Keywords: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, belt conveyor, Lead Time.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da armazenagem da soja.....	20
Figura 2 – Exemplo da divisão de setores para montagem.....	21
Figura 3 - Princípios do Lean Manufacturing	26
Figura 4: Caracterização do trabalho	28
Figura 5 - Etapas iniciais do mapeamento de valor.....	33
Figura 6 – Exemplo de VSM para o estado atual	33
Figura 7 - Exemplo de VSM para o estado futuro	34
Figura 8 - Símbolos do VSM	35
Figura 9 - Exemplo de Planejamento no MS Project.....	45
Figura 10 - Correia Transportadora.....	47
Figura 11 - Emenda do tipo mecânica de correia transportadora.....	48
Figura 12 - Emenda do tipo vulcanizada em correia transportadora	48
Figura 13 - Rolos de carga (Roletes).....	49
Figura 14 - Tambor de retorno do transportador	50
Figura 15 - Tambor de acionamento do transportador	50
Figura 16 - Módulos (calhas) do intermediário do transportador	51
Figura 17 - Topografia de transportadores	52
Figura 18 - Etapas da Pesquisa	55
Figura 19 - Organograma de Montagem	57
Figura 20 - Etapas do VSM aplicadas	59
Figura 21 - Etapas da montagem de um transportador de correia.....	64
Figura 22 - VSM para o estado atual do TCO	71
Figura 23 - Fluxo de valor.....	72
Figura 24 - VSM do estado atual para o intermediário	76
Figura 25 - Elaboração de MS Project para o planejamento	80
Figura 26 - Elaboração de planejamento diário	80
Figura 27 - Gestão à vista das atividades diárias	81
Figura 28 - Gestão à vista das atividades diárias	82
Figura 29 - Recebimento de materiais de montagem.....	84
Figura 30 - Recebimento de materiais de montagem.....	84
Figura 31 - Cartilha de Pontuação PDQS.....	86

Figura 32 - Cartaz para divulgação PDQS	86
Figura 33 - Fluxo de valor da montagem.....	88
Figura 34 - Elaboração do VSM para o estado futuro	92
Figura 35 - Distribuição Bibliográfica por Estrato.....	103
Figura 36 - Distribuição dos Artigos por Qualis	103
Figura 37 - Distribuição dos Artigos por Data.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de mão de obra para transportador com 60"	57
Tabela 2 - Índices de Hh para montagem de transportadores	66
Tabela 3 – Etapas de montagem da estação de acionamento.....	67
Tabela 4 - Montagem do intermediário para 01 módulo	68
Tabela 5 - Lista de equipamentos	69
Tabela 6 - Etapas de montagem estação de retorno.....	69
Tabela 7 - Etapas de passagem de correia.....	70
Tabela 8 - Etapas de montagem rolos de cargas.....	74
Tabela 9 - Etapas de montagem dos módulos	74
Tabela 10 - Montagem de tampas e sensores	75
Tabela 11 - Lista de equipamentos estado futuro	89
Tabela 12 - Etapa de montagem rolos - estado futuro	90
Tabela 13 - Montagem do intermediário - estado futuro.....	90
Tabela 14 - Montagem de tampas e sensores - estado futuro	91
Tabela 15 – Montagem de todo o transportador	93
Tabela 16 – Montagem do conjunto intermediário.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Problemas e Sugestões de Melhorias	78
---	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do Takt Time	36
Equação 2 - Valor Agregado em Percentual	36
Equação 3 - Cálculo da disponibilidade.....	37
Equação 4 - Cálculo da Performance.....	37
Equação 5 - Cálculo da Qualidade.....	37
Equação 6 - Cálculo de custos de uma obra.....	41
Equação 7 - Cálculo do Takt Time para estado atual.....	73
Equação 8 - Valor Agregado em Percentual para Estado Atual.....	94
Equação 9 - Valor Agregado em Percentual para Estado Futuro.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APR – Análise Preliminar de Riscos

Hh – Homem hora

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OLE - *Overall Labor Effectiveness*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

RDO – Relatório Diário de Obra

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping* (Mapeamento do fluxo de valor)

Sumário

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivo Geral.....	23
1.2 Objetivos Específicos.....	23
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	24
2.1.1. Criar valor	26
2.1.2. Definir a cadeia de valor (Fluxo de Valor)	26
2.1.3. Otimização do fluxo (Fluxo Contínuo)	27
2.1.4 Produção Puxada	27
2.1.5. De maneira cada vez mais eficaz (Perfeição).....	28
2.2 As sete perdas do <i>Lean Manufacturing</i>	28
2.2.1 Perda por transporte	29
2.2.2 Perda por movimentação	29
2.2.3 Perda por defeitos.....	29
2.2.4 Perda por espera	29
2.2.5 Perda por excesso de produção	30
2.2.6 Perda por super processamento	30
2.2.7 Perda por excesso de estoque	30
2.3 VALUE STREAM MAPPING (VSM)	31
2.3.1 CONCEITOS IMPORTANTES DO VSM	35
2.3.2 <i>Overall Labor Effectiveness</i>	37
2.4 Montagem industrial	38
2.4.1 Mão de obra.....	39
2.4.2 Quantificação da mão de obra	39
2.4.3 Materiais em montagem industrial	40
2.4.4 Transporte e içamento de carga	40
2.5 Layout (Arranjo físico) – Canteiro	41
2.6 Planejamento do projeto	44
2.7 Transportador de correia enclausurado	45

2.7.1 Partes de um transportador.....	46
2.7.1.1 Correia transportadora.....	46
2.7.1.2 Roletes de carga (Rolos)	49
2.7.1.3 Tambores.....	49
2.7.1.4 Módulos	50
2.8 Topografia.....	51
3 METODOLOGIA.....	53
3.1 Caracterização da pesquisa.....	53
3.2 Etapas da pesquisa.....	54
3.2.1 Caracterização do objeto de estudo.....	56
3.2.2 Entendimento teórico das montagens industriais.....	58
3.2.3 <i>Lean</i> e <i>VSM</i>	59
3.2.4 Aplicação do <i>VSM</i>	59
3.2.5 Implementação das ações.....	61
3.2.6 Avaliação e discussões.....	62
3.2.7 Conclusão.....	62
4 RESULTADOS	63
4.1 ENTENDIMENTO TEÓRICO DE MONTAGENS INDUSTRIAIS.....	63
4.2 ENTENDIMENTO TEÓRICO SOBRE <i>LEAN</i> e <i>VSM</i>.....	65
4.3 APLICAÇÃO DO <i>VSM</i> E POSSÍVEIS PERDAS	65
4.3.1 Coleta de dados para Montagem da estação de acionamento do transportador de correia.....	67
4.3.2 Coleta de dados para Montagem do intermediário do transportador.....	68
4.3.3 Coleta de dados para Montagem da estação de retorno do transportador.....	69
4.3.4 Coleta de dados para Passagem da correia do transportador.....	70
4.3.5 Construção do mapa do estado atual.....	70
4.3.5.1 Mapeamento do fluxo de valor do estado atual do conjunto intermediário	72

4.3.5.2	Montagem dos rolamentos e rolos de cargas.....	73
4.3.5.3	Posicionamento dos módulos, com alinhamento e fixação.....	74
4.3.5.4	Montagem de tampas e sensores.....	75
4.3.5.5	Mapa do fluxo de valor.....	76
4.3.5.6	Avaliação das possíveis perdas.....	77
4.4	Oportunidade de Melhorias.....	77
4.4.1	Melhoria na comunicação entre o planejamento e os executores.....	78
4.4.2	Reforço na mão de obra de materiais.....	82
4.4.3	Engajamento dos envolvidos com a cultura de qualidade e segurança.....	85
4.4.4	Melhoria no entendimento do encarregado sobre a montagem dos equipamentos.....	87
4.5	Elaboração do VSM para o estado futuro.....	88
4.5.1	Montagem dos rolamentos e rolos de cargas.....	89
4.5.2	Posicionamento dos módulos, com alinhamento e fixação.....	88
4.5.3	Montagem de tampas e sensores.....	91
4.5.4	Mapa do fluxo de valor futuro.....	91
4.6	Análise dos resultados.....	93
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	95
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	97
7.	REFERÊNCIAS.....	99
7.1	Referências por estrato.....	103
7.2	Referências por qualis.....	103
7.3	Referências por data de artigos.....	104

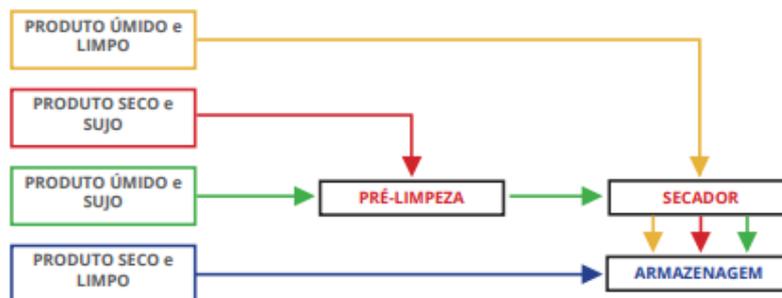
1. INTRODUÇÃO

A alta demanda e rentabilidade da produção de grãos no país vem fazendo os produtores aumentarem suas áreas de produção. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2020) o Brasil poderá colher uma safra de 278,7 milhões de toneladas de grãos na safra 2020/2021. Com essa alta demanda de produção de grãos, não apenas o setor de plantio deve procurar investimentos para melhorias, mas também o setor de logística e armazenamento dos grãos. O Brasil lidera o mercado de produção de soja, sendo os portos de Santos/SP e Paranaguá/PR, os principais responsáveis pelo escoamento do produto, dados da Antaq (Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 2019). No ano de 2020 o porto de Santos/SP foi responsável pelo escoamento de 27,9 milhões de toneladas de soja, enquanto o porto de Paranaguá/PR foi responsável por 14,3 milhões de toneladas de soja, segundo a Conab, 2021.

A colheita da soja começa com a retirada dos grãos com máquinas colheitadeiras que armazenam o produto em seu interior, após o grão é colocado em caminhões que fazem a logística do local do plantio até o local de armazenagem. Quando o caminhão chega à unidade armazenadora, que geralmente está localizada na própria fazenda, o grão é despejado para a moega e passa pela pré-limpeza em peneiras, em seguida o grão é levado para o secador e é finalmente armazenado nos silos. Para a logística do grão ocorrer entre os locais de limpeza e armazenagem, existem os transportadores de correia e os elevadores de caneca (SENAR,2016). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção de soja desde 2011 até 2021 aumentou, criando um gargalo no armazenamento dos grãos e assim revelando um déficit na infraestrutura pós-colheita, no Brasil. Ainda segundo a Conab, se o crescimento da produção de soja continuar no ritmo dos últimos anos, em 2031 teremos 258 milhões de toneladas de soja sem local para armazenagem, acarretando também problemas para escoamento dos grãos. Com o aumento da produção, se torna imprescindível a necessidade da armazenagem e logística para exportação dos grãos, assim como o mercado de fabricação e montagem

de transportadores de correia cresce em paralelo ao aumento do plantio. De forma sucinta, a figura 1 explica as etapas de armazenamento da soja.

Figura 1 - Etapas da armazenagem da soja



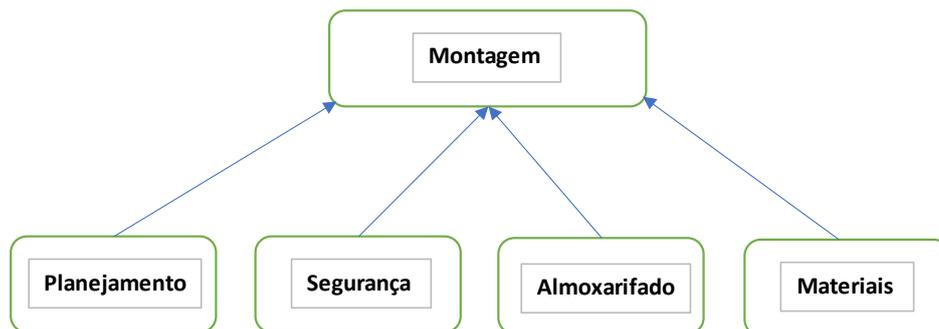
Fonte: SENAR,2016

Para a montagem dos equipamentos de transporte dos grãos, além da fabricação mecânica de dispositivos de auxílio a este, por exemplo, os transportadores de correia, que para a montagem contrata-se empresas de montagem industrial, que executam os projetos a partir de um orçamento. Após o acompanhamento da execução do cronograma de atividades, verifica-se o resultado financeiro do projeto. Sendo que se o planejamento das atividades ocorrer conforme o que foi delineado, a tendência é de que o projeto seja lucrativo (FERNANDES, 2012). Um dos principais problemas apresentados durante a montagem industrial é fazer com que o planejamento seja executado, já que quando o cronograma e orçamento não são atendidos os resultados são comprometidos. Os problemas de comunicação e de planejamento acarretam perdas em valores, como, por exemplo, uma falha na comunicação entre fábrica e obra para a entrega de materiais, ocasiona atrasos e perdas de mão de obra à disposição. Então, o fluxo de informações das necessidades do local de montagem precisa estar alinhado ao recebimento de materiais que são enviados pela fábrica.

Assim como o fluxo de documentos de segurança para liberação das atividades também ocasiona em atraso para a liberação da mão de obra. Diariamente, a análise preliminar de riscos (APR) e permissão de trabalho (PT) devem ser comunicadas para o setor de segurança, para não ocorrerem atrasos. Qualquer atividade por mais que pareça simples, necessita da comunicação

entre o recebimento de materiais para a montagem (setor de materiais), da documentação de segurança (setor de segurança) e do setor de almoxarifado para disponibilizar as ferramentas necessárias para execução dos trabalhos. A figura 2 explica que todos os setores de uma obra precisam atender às demandas do setor de montagem para a entrega do equipamento pronto.

Figura 2 – Exemplo da divisão de setores para montagem



Fonte: Elaborado pelo Autor

Foi constatado na empresa objeto de estudo que, na montagem dos transportadores de correia, vem ocorrendo um *Lead Time* de montagem acima dos tempos normais planejados. Uma empresa de montagem industrial de transportadores de correia tem o seu resultado financeiro atrelado ao êxito no cumprimento do cronograma de montagens dos equipamentos, desde o orçamento até a entrega do projeto. Portanto, quando a rentabilidade financeira não é atingida, ocasionam-se problemas de fluxos de caixa (entradas e saídas de dinheiro) durante a execução do cronograma e, por final, um lucro reduzido ou até prejuízo para a empresa. Diversos problemas podem ser causas da falta de eficácia no cumprimento do cronograma de montagem e, conseqüentemente, do problema financeiro posterior.

Uma ferramenta organizacional que pode ser uma alternativa para auxiliar as empresas de montagem de transportadores de correia a cumprirem seus objetivos é o VSM. O Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) serve para analisar o fluxo de produção e busca identificar problemas e melhorias diminuindo o *Lead*

Time. O VSM é uma ferramenta gráfica do *Lean* que ajuda a avaliar as etapas de produção de um produto ou serviço. O mapeamento ilustra o fluxo de produção exibindo informações importantes para reduzir perdas e nivelar a produção. O fluxo de valor é o que realmente agrega valor, pois o objetivo é gerar valor com um fluxo contínuo. O VSM é importante, visto que ajuda a visualizar o fluxo como um todo, além das perdas, consegue identificar as fontes dessas perdas. E o VSM ainda pode revelar o fluxo de informações e fluxo de processos (ROTHER, 1999).

Sendo assim foi criada uma oportunidade de experimento através da aplicação do mapeamento do fluxo de valor, para garantir a eficácia da montagem mecânica de 08 transportadores, na qual foi aplicado o mapeamento de fluxo de valor. Com os problemas apresentados durante a montagem mecânica, de planejamento, fluxo de informações e retrabalhos, este estudo tem o propósito de analisar como o VSM pode auxiliar na eficácia da montagem. Visto que será analisada a montagem apenas do conjunto intermediário do transportador de correia, já que o equipamento é dividido em três partes: acionamento, intermediário e retorno. A parte que constitui o intermediário é responsável pela maior demanda de trabalho. Portanto, será desenhado o VSM para o estado atual e projetar o estado futuro, com as melhorias.

Dada a hipótese apresentada no parágrafo anterior, a proposta da presente pesquisa é utilizar o VSM para garantir a eficácia durante a montagem de transportadores de correia. Conforme a ISO 9000 (2015), eficácia significa a extensão onde as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados alcançados, ou seja, o cumprimento do planejamento. Foi definido o uso do VSM como a eficácia em termos de processo e custo, porque o VSM nos permite encontrar as perdas mais significativas durante o fluxo de valor.

Para o desenvolvimento desta pesquisa primeiramente foi necessário o entendimento da cultura *Lean* e, em seguida, de uma ferramenta que faz parte desta cultura que é o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM). Assim como foi necessário entender o *Gemba* (chão de fábrica), o funcionamento da montagem dos transportadores de correia e quais as dificuldades encontradas nesse processo.

Com a experiência adquirida na montagem de outros transportadores de correia no mesmo projeto, o qual era constituído de 18 transportadores, foi escolhida a linha de exportação de grãos para o objeto de estudo, sendo constituída de 08 equipamentos, devido a experiência adquirida nos outros 10 equipamentos do projeto, construídos anteriormente. Portanto, com a família de produtos definida foi possível desenhar o VSM do estado atual, entender os problemas apresentados e assim foi possível pensar em melhorias para o fluxo do processo. As conclusões e discussões deste estudo são para o caso específico, podendo servir para casos semelhantes de estudo.

1.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral, este trabalho visa utilizar o mapeamento do fluxo de valor para suporte na eficácia na montagem de transportadores de correia.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Entender o processo de montagem dos equipamentos;
- Adequar do VSM para o estado atual da montagem dos equipamentos;
- Avaliar a contribuição do VSM para suporte na eficácia na montagem de transportadores de correia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar o referencial teórico que será utilizado para a estruturação desta pesquisa. As seções relacionam o ordenamento do capítulo, encadeando os assuntos. Os principais assuntos abordados serão: *Lean Manufacturing*, mapeamento de fluxo de valor e montagem industrial. Como referencial para execução da pesquisa é apresentado uma revisão bibliográfica sobre transportadores de correia, apenas para entendimento.

2.1 *Lean Manufacturing*

No Japão, após a Segunda Guerra Mundial, o país estava devastado com a falta de trabalhadores e recursos para a indústria, através desse cenário surgiu o Sistema Toyota de Produção (TPS), também conhecido como *Lean* ou produção enxuta (WOMACK; JONES; ROSS, 2015). Dar ao cliente o que ele quer, quando ele quer e na quantidade que ele quer, é um dos princípios do *Lean*. As primeiras ações devem acontecer onde as atividades estão acontecendo, o chamado *Gemba* (chão de fábrica), local onde as coisas acontecem. A padronização e a racionalização das atividades, chamado *kaizen* (melhoria contínua), sendo o coração do *Lean*.

Uma empresa é feita de processos, entradas com saídas que possuem valor para o cliente. Com a necessidade de um produto melhor, sem perdas, é preciso doutrinar as pessoas, que fazem parte do processo. A busca da melhoria pode ter duas soluções para a resolução do problema: estudando os problemas e resolvendo-os. O outro modo *Kaizen* (melhoria contínua), utilizando o entendimento de que as pessoas pensem em melhorias, apresenta-se 03 pontos principais: tempo, foco e método. Com a gestão visual os problemas dos processos podem ser resolvidos, para assim atingir as metas estabelecidas. Em empresas com o *Lean manufacturing* consolidado os diretores/gerentes visualizam através de gestão visual os problemas e metas de cada setor. Com um *Kaizen* em funcionamento, todos são agentes de transformação dos

processos e a melhoria surge de forma autônoma (WOMACK; JONES; ROSS, 2015).

O *Lean* se consolidou na década de 1970, tornando os processos mais eficazes, porque os colaboradores pensavam no que deveria ser feito. Das ferramentas do *Lean*, temos o 5S que é uma forma de *Kaizen*. O *Lean* é uma filosofia para a melhoria contínua, aplicada por boas práticas e ferramentas. Um dos principais pilares para a melhoria contínua (*kaizen*) tem como princípio: a retirada de desperdícios, a melhoria do fluxo de valor, o foco no cliente e ir ao *Gemba*. O outro pilar é o respeito às pessoas: liderança construtiva, desenvolvimento contínuo, filosofia compartilhada e gestão visual (WOMACK; JONES; ROSS, 2015).

O *Lean* possui princípios de uma filosofia com foco total no cliente, dando o que ele quer, na quantidade que quer e na hora que quer. Não oferecendo nem mais e nem menos qualidade, mas proporcionando ao cliente a qualidade desejada. As ferramentas do *Lean* foram geradas por meio de formas que as empresas encontraram para operacionalizar o *Lean* nos processos. O *Lean* ainda pode ser encarado como um sistema de gestão, aplicando a metodologia na cultura da empresa, assim como ter o alinhamento cultural da liderança e dos outros colaboradores (WOMACK; JONES; ROSS, 2015).

Em 2015, Womack e Jones, definiram cinco conceitos fundamentais para aplicação do pensamento enxuto (RIANI, 2006). Princípios estes estabelecidos aos que desejam adotar a filosofia *Lean* em suas empresas (RIANI, 2006). Tais princípios são: criar valor, definir a cadeia de valor, fluxo contínuo, produção puxada e busca pela perfeição. Dentre as abordagens são referências para o *Lean*: os 14 princípios da Toyota e os 05 conceitos do *Lean*, segundo o MIT. *Lean Thinking* a maneira *Lean* de se pensar, é uma filosofia aplicada por boas práticas e ferramentas. Para entender é preciso aprender a filosofia, sendo algo que pode ser descentralizado, as pessoas fazem o *Lean*, não focando em uma pessoa, mas pensando nos dois pilares básicos: o respeito às pessoas e a melhoria contínua (GODINHO E FERNANDES, 2004). Na figura 3, temos os princípios da cultura *Lean* de forma resumida.

Figura 3 - Princípios do Lean Manufacturing

Princípios	Ferramentas
Determinar valor para o cliente, identificando cadeia de valor e eliminando desperdícios.	<ul style="list-style-type: none"> Mapeamento do fluxo de valor; Melhoria na relação cliente-fornecedor/redução do número de fornecedores; Recebimento/fornecimento <i>just in time</i>.
Trabalho em fluxo/simplificar fluxo.	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologia de grupo; Trabalho em fluxo contínuo (<i>one piece flow</i>)/redução do tamanho de lote; Trabalhar de acordo com o <i>takt time</i>/produção sincronizada; Manutenção produtiva total (TPM).
Produção puxada/ <i>just in time</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kanban</i>; Redução do tempo de <i>set up</i>.
Busca da perfeição.	<ul style="list-style-type: none"> <i>Kaizen</i>;
Autonomia/qualidade seis sigma.	<ul style="list-style-type: none"> Ferramentas de controle da qualidade; Zero defeito; Ferramentas <i>poka yoke</i>.
Limpeza, ordem e segurança.	<ul style="list-style-type: none"> 5 S.
Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos.	<ul style="list-style-type: none"> <i>Empowerment</i>; Trabalho em equipes; Comprometimento dos funcionários e da alta gerência; Trabalhador multi-habilitado/rodízio de funções; Treinamento de pessoal.
Gerenciamento visual.	<ul style="list-style-type: none"> Medidas de desempenho/<i>balanced scorecard</i>; Gráficos de controle visuais.
Adaptação de outras áreas da empresa ao pensamento enxuto.	<ul style="list-style-type: none"> Modificação de estrutura financeira/custos; Ferramentas para projeto enxuto (projeto para manufatura e montagem – DFMA, etc.).

Fonte: Godinho e Fernandes, 2004

Os cinco conceitos do *Lean Thinking*:

2.1.1. Criar valor

A criação de valor acontece quando estamos produzindo e o quanto o cliente está disposto a pagar. O valor, refletido em seu preço de venda e demanda de mercado, deve ser definido pelo cliente apesar de ser produzido pelo fabricante. Eliminando atividades desnecessárias e agregando valor ao produto. (WOMACK; JONES; ROSS, 2015)

2.2.2. Definir a cadeia de valor (Fluxo de Valor)

Segundo Womack, Jones e Ross (2015), para definir a cadeia de valor é necessário criar um fluxo único, sem retrabalhos. Fluxos de valor são as atividades necessárias para a produção de todos os produtos. Nesse caso inclui todo o fluxo de produção, desde a matéria-prima fornecida até chegar ao

consumidor final. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta essencial utilizada no *Lean Manufacturing* pelas seguintes razões:

- Ajudar a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais;
- Auxiliar na identificação das fontes de desperdício no fluxo de valor;
- Proporcionar uma linguagem comum para se entender e discutir os processos;
- Fazer com que as decisões sobre o fluxo fiquem mais aparentes, de modo que se possam analisá-las;
- Agregar conceitos e técnicas enxutas (*Lean*);
- Formar a base de um plano de implementação enxuta;
- Mostrar de forma clara a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- Descrever em detalhes, de forma qualitativa, como a sua unidade produtiva deve operar para criar o fluxo.

2.1.3. Otimização do fluxo (Fluxo Contínuo)

O uso do fluxo contínuo proporciona a redução de esperas entre atividades e o nível de estoques. Isso elimina filas e permite produzir em conformidade com o ritmo da demanda (WOMACK; JONES; ROSS, 2015).

2.1.4 Produção Puxada

A necessidade do cliente faz com que a produção puxada seja o método de controle da produção, no qual as atividades de fluxo iniciais (como um pedido, por exemplo) avisam as atividades de fluxos posteriores (como retirado do estoque) sobre suas necessidades, ou seja, ela tenta eliminar o excesso (WOMACK; JONES; ROSS, 2015).

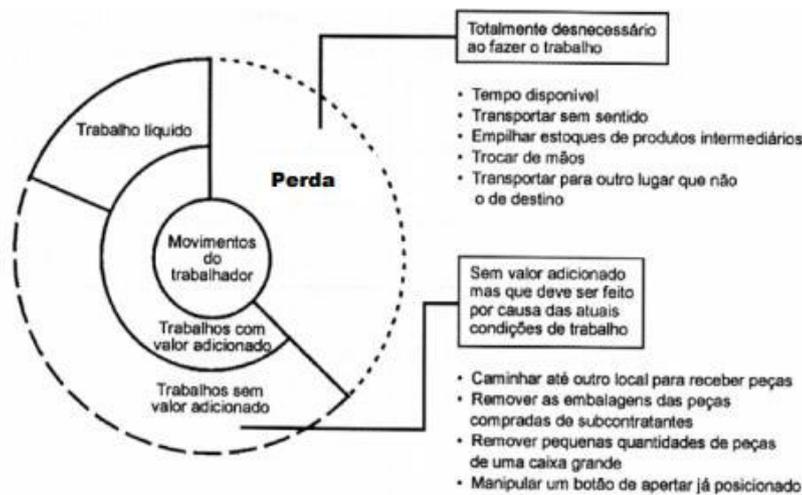
2.1.5. De maneira cada vez mais eficaz (Perfeição)

A melhora incessante pela excelência. A filosofia 5S, também chamada de 5 Sentos, tem o intuito de organizar e conscientizar todos os envolvidos da empresa para a limpeza e organização no local de trabalho de maneira lógica e eficaz (WOMACK; JONES; ROSS, 2015).

2.2 As sete perdas do *Lean Manufacturing*

O *Lean* possui o objetivo de eliminar as perdas dos processos, mas para transformar uma empresa *Lean* é preciso procurar mudar a cultura das pessoas, não apenas aplicar as suas ferramentas. Buscar eficiência e eliminar perdas são os pontos chaves da *Lean Manufacturing*. Segundo Gomes (2001), perdas geram custo e não adicionam nenhum valor para o cliente, e devem ser eliminadas. Ainda, segundo Gomes (2001), o trabalho líquido é o processamento em si, onde se agrega valor ao cliente. Na figura 4, é apresentada a caracterização do trabalho, considerando as perdas.

Figura 4: Caracterização do trabalho



Fonte: Adaptado de Ohno, 1997.

Procurando melhorar as oportunidades de melhorias, deve-se analisar as sete perdas do *Lean Manufacturing*, sendo:

2.2.1 Perda por transporte

Qualquer recurso (equipamentos ou pessoas), quando é movido sem necessidade, possui um desperdício de transporte. Um exemplo clássico é o deslocamento de peças para um lugar errado ou em um momento errado. Sendo assim, a movimentação deve ser projetada e executada de forma planejada (DENNIS,2016).

2.2.2 Perda por movimentação

Os movimentos desnecessários dos colaboradores também são um tipo de perda. Quando temos o ambiente de trabalho desorganizado é comum que os funcionários tenham que procurar por alguma ferramenta e se deslocar pela fábrica nessa intenção, desperdiçando tempo. Deste modo, devemos atentar não só para a eliminação de deslocamentos desnecessários, mas até movimentações necessárias também devem ser otimizadas (DENNIS, 2016).

2.2.3 Perda por defeitos

Qualquer defeito no produto irá trazer perdas para a empresa: seja pelo retrabalho no reparo do problema ou, pior ainda, no impacto direto ao consumidor. Erros em documentos e produção com especificações incorretas aumentam o *Lead Time*, pois criam um tempo ocioso (DENNIS, 2016).

2.2.4 Perda por espera

O desperdício de tempo de espera ocorre quando pessoas (equipamentos) são obrigadas a gastar um tempo desnecessário de ociosidade aguardando a disponibilidade de algum outro recurso. Os trabalhadores que

precisam esperar alguma ordem de um gestor ou a assinatura de um documento para iniciar um processo são exemplos desse desperdício. (DENNIS, 2016)

2.2.5 Perda por excesso de produção

Produzir mais do que o necessário ou em velocidade maior do que o ideal irá gerar um aumento no estoque de produtos finalizados. Assim como produzir mais que a demanda do cliente ou ter uma produção antecipada antes do necessário. Se aparentemente esse “estoque” parece não ser um grande problema, ao olhar com maior frieza percebemos que é possível que ele se torne obsoleto ou não seja vendido. Portanto, manter o mínimo de estoque para o processo girar é o mais recomendável (DENNIS, 2016).

2.2.6 Perda por super processamento

Encaixam-se nessa categoria os processos que não geram valor ao item que está sendo produzido. Por exemplo, etapas desnecessárias que não aumentam a qualidade do produto ou não tenham valor perceptível pelo cliente. Uma análise criteriosa na operação pode identificar quais são as tarefas que podem ser eliminadas no dia a dia dos funcionários (DENNIS, 2016).

2.2.7 Perda por excesso de estoque

A falta de planejamento ou conhecimento do departamento de compras pode ocasionar uma perda de matéria prima. Um planejamento de compras eficiente e o controle contínuo sobre essa matéria prima são as melhores formas de evitar esse desperdício (DENNIS, 2016).

2.3 VALUE STREAM MAPPING (VSM)

O começo do VSM foi através do livro *“Installing Efficiency Methods”* de Charles E. Knoepel, 1918. A ideia de cronometrar o tempo de ciclo e mostrar graficamente é oriunda da demonstração de tempos e métodos. Não levando em conta *Lead Time* e nem ao menos disponibilidade de máquinas, apenas tendo como base tempos médios para ter um fluxo contínuo. A implementação do VSM foi disseminada como mapa do fluxo de materiais e informações nos anos 50, com a criação do pensamento *Lean*. Porém, foi verdadeiramente popularizado após a utilização no livro *“Learning to see”* de Mike Rother, 1999. A grande vantagem do mapeamento do fluxo de valor atualmente é que pode ser utilizado em várias áreas, como: escritórios, hospitais, indústrias, entre outros. É importante ressaltar que a origem do VSM deu-se através de uma ferramenta desenvolvida para processos fabris, a qual requer um trabalho repetitivo, com etapas bem definidas. Assim, de forma sucinta, o VSM é uma ferramenta na qual conseguimos aplicar os princípios básicos do *Lean* (FM2S, 2021).

Para iniciarmos o mapeamento deve-se escolher o mapeamento dos setores escolhidos no processo. O mapa é iniciado pelos clientes que compram o produto. Primeiramente o desenho do mapa com a caixa cliente, abaixo são inseridas todas as informações sobre a demanda do produto (logística, inventário, entre outros). A caixa PCP (Planejamento e Controle da Produção) demonstra como é a chegada do pedido de compra (ROTHER, 1999).

Dividimos o fluxo de produção de acordo com as etapas da fabricação, com as setas mostrando o caminho do produto dentro da fábrica. Após o prévio desenho do mapa de valor, devemos levantar os dados no chão de fábrica, com os operadores. Além disso, devemos analisar a disponibilidade dos equipamentos, para entender a influência da produção (ROTHER, 1999).

Com o mapeamento do fluxo de valor podemos analisar o *Lead Time*, que constitui o período entre o início de uma atividade produtiva ou não, e o seu término. Um dos princípios do *Lean Manufacturing* é a redução do *Lead Time*, diminuindo as perdas. Com o mapa do estado atual, estamos abastecidos para fazer o mapa do estado futuro (ROTHER, 1999).

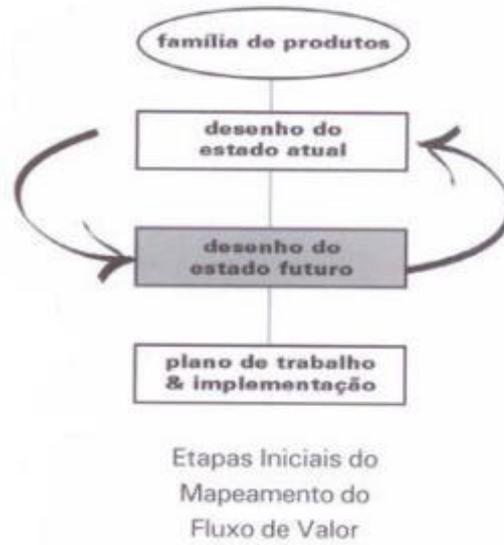
O primeiro passo para decidir o mapa de estado futuro é avaliar se há o produto em estoque ou sobre pedido. Para melhoria do processo, deve-se reduzir as perdas do *Lean Manufacturing*. O principal objetivo é identificar onde devem ser aplicadas as melhorias, reduzindo o *Lead Time* (ROTHER, 1999).

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) faz parte do *Lean Manufacturing* para ser utilizado dentro de uma linha de produção. Rosentrater e Balamuralikrishna (2006) e Jasti e Sharma (2014) definem o VSM como uma técnica que identifica todas as atividades agregadoras de valor, bem como as não agregadoras, desde que a matéria-prima é entregue pelo fornecedor até ser transformada em produto acabado para entrega ao cliente. Segundo Serrano, Ochoa e Castro (2008) e Vinodh, Arvind e Somanaathan (2010), o VSM é uma análise detalhada dos materiais e informações que fluem através dos vários níveis de uma estrutura de produção, permitindo identificar as fontes de perdas e propor um mapa do estado futuro desejado e que guie a implementação do *Lean*.

Conforme Marodin e Saurin (2013) identificaram, o Mapeamento do Fluxo de Valor é uma das técnicas mais utilizadas para a implementação do *Lean*, apresentando o aumento de produtividade e a redução do *Lead Time* como resultados típicos. Já a popularidade pode ser explicada pela facilidade de uso e pelo foco na implementação. Para Jasti e Sharma (2014), VSM é uma ferramenta que auxilia os gerentes a entender às condições atuais de operação e a identificar as oportunidades para que seja possível melhorar o desempenho produtivo. Rother e Shook (2003) apresentam uma metodologia de aplicação através de um fluxo da elaboração e desenvolvimento.

A elaboração do VSM se inicia com a escolha de uma família de produtos, para a qual é desenhado o mapa do estado atual, através desse mapeamento faz-se a proposição de um estado futuro, que para ser alcançado necessita de um plano de ação. Este plano de ação geralmente inclui a implementação de práticas *Lean* para a melhoria do processo e eliminação de perdas. Por esse motivo, o VSM usualmente é considerado como ponto de partida para o *Lean Manufacturing*. Na figura 5, são representadas as etapas iniciais para confecção do VSM.

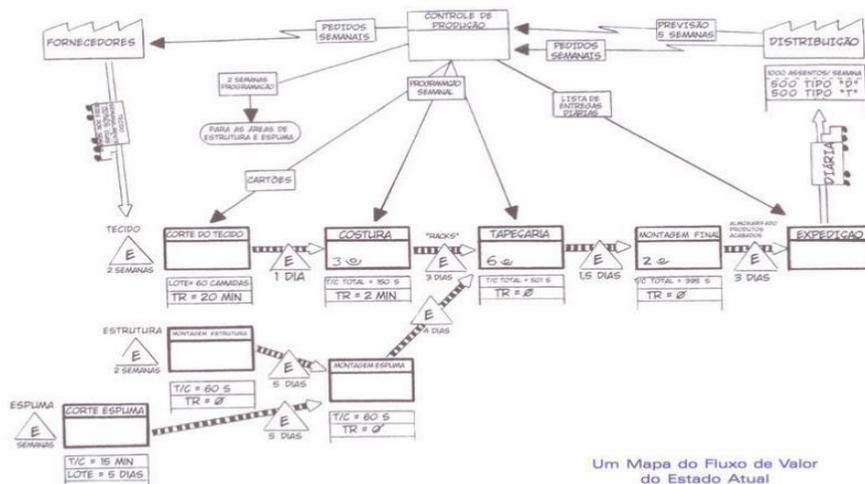
Figura 5 - Etapas iniciais do mapeamento de valor



Fonte: Rother e Shook, 1999

Na figura 6 apresenta-se a demonstração gráfica de um mapeamento do fluxo de valor, considerando os itens necessários para desenhar o mapa atual do processo.

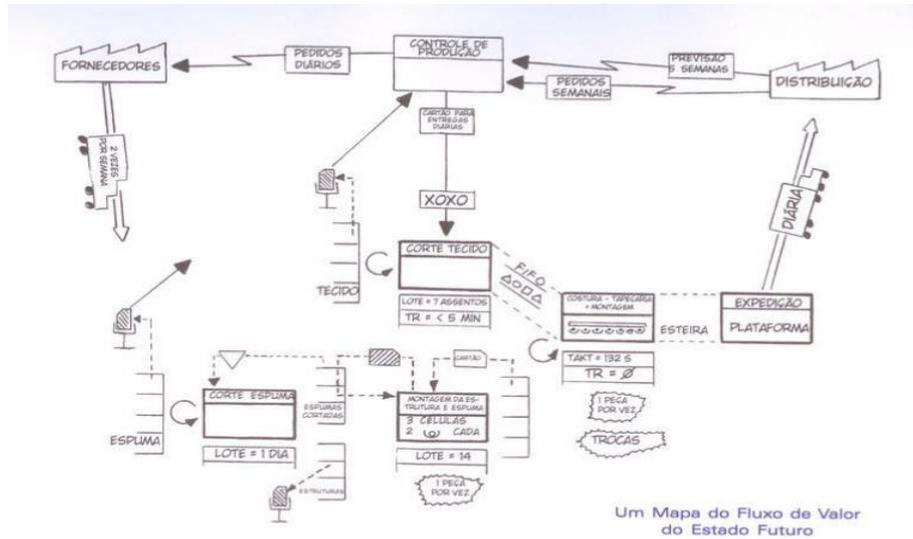
Figura 6 – Exemplo de VSM para o estado atual



Fonte: Rother e Shook, 1999.

Já na figura 7 temos um exemplo da demonstração gráfica de um mapeamento do fluxo de valor, considerando os itens necessários para desenhar o mapa futuro do processo.

Figura 7 - Exemplo de VSM para o estado futuro



Fonte: Rother e Shook, 1999.

A figura 8 apresenta os símbolos utilizados no VSM para desenhar estado atual e futuro. Vale ainda ressaltar que o conhecimento sobre os símbolos é importante para se obter a correta interpretação do VSM.

Figura 8 - Símbolos do VSM



Fonte: Rother e Shook, 2003

2.3.1 CONCEITOS IMPORTANTES DO VSM

Existem vários tempos que auxiliam na coleta de dados, segundo Rother (1999), temos:

- **Tempo programado:** é o tempo que, teoricamente uma máquina está livre para a produção. Neste tempo, o indivíduo está apto para operar a máquina durante todo o período, excluindo o tempo programado das manutenções e as folgas dos funcionários;
- **Tempo de setup:** é o tempo que utilizado ajustando uma máquina para a produção, por exemplo, encher/esvaziar, limpeza da máquina. É um tempo que não é produtivo.
- **Tempo de parada:** tempo gasto de outra natureza que não é o tempo de setup, por exemplo, quebra de máquinas, manutenção.
- **Tempo indisponível:** soma do tempo de parada e do tempo de setup.
- **Tempo disponível (operacional):** é o tempo que a máquina fica de fato operando, sendo a fórmula: tempo programado – tempo indisponível.
- **Tempo de ciclo:** é o tempo entre a produção de dois itens, obtido de duas maneiras: através da crono análise (medição do tempo entre uma peça e outra na produção), dando origem ao chamado **tempo de ciclo teórico**; e dividindo a quantidade de itens produzidos pelo tempo programado, no qual temos o **tempo de ciclo real**.
- **Takt time:** ritmo da produção necessário para atender a demanda.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo programado de produção}}{\text{Unidades necessárias de produção}}$$

Equação 1 - Cálculo do Takt Time

- **Lead time:** é a medida de tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias primas em produtos acabados.
- **Valor agregado em percentual:** é a medida percentual que o sistema agrega valor no processo.

$$\text{Valor Agregado em percentual} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Lead Time Total}}$$

Equação 2 - Valor Agregado em Percentual

2.3.2 Overall Labor Effectiveness

Para medirmos a eficiência das máquinas temos o indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness), que mede a disponibilidade, performance e qualidade das máquinas. Já para mensuramos a eficiência da mão de obra temos o OLE (Overall Labor Effectiveness), que mede a mão de obra para a disponibilidade, performance e qualidade da força de trabalho. Segundo Gordon (2011), o OLE auxilia na identificação do motivo da baixa produtividade das pessoas. Sendo que se pode melhorar este índice investindo em treinamentos oferecidos aos colaboradores.

Segundo Kronos (2007), podemos calcular o nosso OLE, da seguinte forma:

- Disponibilidade: trata-se da percentagem de tempo que os colaboradores utilizam e o tempo fazendo contribuições efetivas de produção. Representado pela equação:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de produção real}}{\text{Tempo programado}}$$

Equação 3 - Cálculo da disponibilidade

- Performance: quantidade de trabalho entregue. Com a seguinte equação:

$$\text{Performance} = \frac{\text{Quantidade de Trabalho Produzido}}{\text{Quantidade Trabalho esperado}}$$

Equação 4 - Cálculo da Performance

- Qualidade: a porcentagem de produto entregue que não apresenta defeitos.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças sem defeito}}{\text{Peças planejadas para entrega}}$$

Equação 5 - Cálculo da Qualidade

2.4 Montagem industrial

A montagem industrial, montagem eletromecânica ou simplesmente montagem, tem aplicação em todos os tipos de instalações industriais, não somente na implantação de novas unidades, mas também em ampliação e manutenção das já existentes (FERNANDES, 2012). A montagem industrial abrange os mais diversos setores da indústria – siderurgia, petróleo, petroquímica, gás, telecomunicações, mineração, energia elétrica, energia atômica e fabricação em geral. Segundo a ABEMI (Associação Brasileira de Engenharia Industrial – que possui mais de cem empresas de engenharia), a mão de obra no setor de montagem, chegou a ultrapassar mais de 280 mil empregados na década de 80, com receita anual de 14 bilhões de dólares.

A montagem industrial corresponde à etapa final de qualquer projeto de implantação, ampliação ou reforma de uma instalação industrial. Qualquer tipo de projeto que envolva a montagem mecânica deve ter como foco, os seguintes itens: planejamento, programação e controle de obras, de qualidade e de custos. De acordo com Fernandes (2012), os projetos de montagem mecânica compreendem algumas atividades básicas, executadas segundo um planejamento previamente estabelecido, sendo:

- Recebimento e armazenagem dos equipamentos e materiais a instalar;
- Transporte dos equipamentos e materiais para os locais de montagem;
- Fabricação ou correção, no campo, de algumas peças e suportes metálicos;
- Interligação mecânica, hidráulica, elétrica e de instrumentação, entre estes equipamentos;
- Execução de testes individuais e de conjunto dos equipamentos e linhas instalados.

Para que as atividades acima ocorram, serão necessários três tipos básicos de recursos, ou meios de produção: mão de obra, equipamentos e materiais.

2.4.1 Mão de obra

Conforme o tipo de execução das atividades da obra, a mão de obra pode ser considerada como: direta ou indireta. Segundo Fernandes (2012), o exemplo mais fácil para entender a diferença é o seguinte: “os mecânicos empenhados diretamente na execução dos serviços de instalação de um equipamento, pondo a ‘mão na massa’, são considerados diretos, enquanto o técnico mecânico que os supervisiona é indireto”. Além dos dois tipos de mão de obra citados acima, destaca-se também a mão de obra de apoio. De forma geral, podemos resumir os três tipos da seguinte forma:

Mão de obra direto (MOD): esse tipo de profissional é composto por pessoal qualificado (mecânicos, eletricitas, encanadores, soldadores, entre outros..) e não qualificado (ajudantes), sendo, em geral, organizado pelo comando de um encarregado (responsável pela equipe).

Mão de obra indireto (MOI): contemplado pela gerência do projeto, planejamento, segurança, administração, supervisão, técnico de segurança, entre outros. Esses efetivamente não participam da montagem, apenas no auxílio dela.

Mão de obra de apoio (MOA): são os profissionais que possuem serviços de apoio à operação, como por exemplo: topógrafo, operadores de veículos e máquinas, limpeza, entre outros.

Segundo Fernandes (2012), os 03 tipos de mão de obra são medidos pelos percentuais: MOD (75%), MOI (15%) e MOA (10%).

2.4.2 Quantificação da mão de obra

Com as diferenças entre os tipos de mão de obra identificados, é necessário realizar a quantificação. Sabendo o número do efetivo (H) e o número de horas trabalhadas (h), temos o Hh que é o nosso parâmetro de Hh (Homem hora), com esse parâmetro podemos estabelecer os índices de

montagem. Tais índices serão fundamentais para domínio do planejamento e controle de produtividade e custos. (FERNANDES,2012)

2.4.3 Materiais em montagem industrial

Os materiais em montagens industriais podem ser classificados, conforme a sua utilização: permanentes (ou de aplicação), de consumo e auxiliares. Materiais permanentes são aqueles que permanecem após a montagem industrial, ficam incorporados ao projeto, como por exemplo: chapas, tubos, cabos elétricos, entre outros. Materiais de consumo são necessários para a produção, podemos utilizar como exemplo: graxas, gases industriais, materiais de limpeza e eletrodos para soldagem. Já os materiais auxiliares são utilizados para confecção de dispositivos que auxiliam a montagem, tais como: escadas, plataformas de trabalhos, dispositivos para passagem de correias. Esses são provisórios, geralmente descartados após sua utilização (FERNANDES, 2012).

2.4.4 Transporte e içamento de carga

Uma das principais atividades durante a montagem industrial é o auxílio de equipamentos para transporte e içamento de cargas para a movimentação de materiais, estruturas e pessoal (dentro e fora do canteiro de obras). Dentre os tipos de transportes existentes, temos: transporte rodoviário, ferroviário e marítimo. O transporte rodoviário possui rapidez e entrega facilitada, já o transporte ferroviário é adequado para cargas mais pesadas, porém com um tempo de entrega maior do que o rodoviário. Por último, temos o transporte marítimo que se torna complicado pelo fato das tramitações nos portos, usual em importações (FERNANDES, 2012).

Para o içamento de cargas temos os guindautos (munck) e guindastes. Assim como temos para a movimentação de peças, a empilhadeira. Todos os equipamentos de movimentação de carga são importantes para o bom andamento de um projeto de montagem industrial (FERNANDES, 2012).

2.4.5 Custo dos recursos

Segundo Fernandes (2012), existem dois tipos distintos de custos que são os custos diretos e os custos indiretos. Observa-se que os custos diretos são as despesas realizadas com mão de obra, materiais e equipamentos. Já os custos indiretos são o somatório de despesas com elementos coadjuvantes necessários para o bom andamento dos projetos.

Os custos com mão de obra podem ser informados pela fórmula abaixo:

$$CMO = \frac{QS}{PMO} \cdot CUT$$

Equação 6 - Cálculo de custos de uma obra

Onde:

CMO – Custo de Mão de Obra

CUT – Custo por Unidade de Tempo

PMO – Produtividade da Mão de Obra

QS – Quantidade de um determinado tipo de Serviço

2.5 Layout (Arranjo físico) – Canteiro

A disposição física de máquinas e equipamentos dentro de um processo inclui o espaço necessário para a movimentação de material, o armazenamento, mão de obra indireta e todas as outras atividades e serviços dependentes, além dos operadores, denominando-se *layout* (BORGES, 2001). Segundo Borges (2001), *layout* (plant layout - arranjo físico) é estudo sistemático que procura uma combinação das instalações industriais para a produção, dentro de um espaço disponível. Desta forma a melhor utilização do espaço disponível deve resultar em um processamento mais efetivo, através da menor distância e no menor

tempo possível. Conforme Paranhos (2007), existem basicamente quatro tipos de arranjos físicos mais conhecidos e muitas combinações entre eles podem ser feitas de acordo com as necessidades da empresa, em função do produto, do processo e do volume de produção, no qual se destacam:

- Arranjo físico posicional: trata-se de um tipo de arranjo físico no qual o produto ocupa uma posição fixa e os elementos construtores do produto são agrupados a sua volta, ou seja, quem sofre as transformações de vários processos fica estacionário, enquanto os materiais, as pessoas e os equipamentos atuam ao seu redor;
- Arranjo físico Funcional ou por Processo: agrupam-se todas as operações de um mesmo processo;
- Arranjo físico por produto: arranjo que agrupa os equipamentos em função exclusivamente do produto a ser executado. Um bom exemplo são as linhas de montagem onde o produto se move de estação para estação e os operadores aguardam no seu posto de trabalho;
- Arranjo físico celular: consiste no agrupamento de máquinas e equipamentos em grupos diversos de tal forma que, cada um dos grupos seja capaz de propiciar a produção de todos os componentes de uma mesma família. Na tecnologia de grupo, as peças com rotas e operações comuns são agrupadas e identificadas como uma família de peças.

Segundo Araújo (2011), para se obter um arranjo físico adequado é importante levantar informações com a coleta de dados, através do detalhamento do trabalho de cada unidade, a quantidade pessoal empregada em cada local, a necessidade de comunicações das pessoas, necessidade de arquivamento e armazenagem de documentos, isolamento auditivo e visual, intensidade da iluminação utilizada (portas e janelas), local de mobília e quantidade e tipos de equipamentos utilizados.

Por fim, com os dados já coletados devem ser definidas as estratégias para definir o layout a ser implantado, seguindo o passo-a-passo conforme aponta Araújo (2011):

- Calcular a área (necessária ou existente);
- Fazer a planta baixa;
- Verificar o fluxo de pessoas e papéis;
- Determinar a quantidade dos móveis e equipamentos;
- Determinar a extensão e localização das instalações elétricas e hidráulicas;
- Preparar e dispor os móveis e equipamentos;
- Apresentar alternativas de layouts;
- Implantar e acompanhar.

Com um layout definido, podemos ter o início da montagem de um canteiro de obras, que é definido pela norma regulamentadora NR1, do Ministério do Trabalho. Segundo Fernandes (2012), são instalações provisórias, situadas próximas aos locais os quais se desenvolvem as operações de apoio e execução dos serviços. O planejamento de um canteiro de obras é importante para redução de prazos e custos, pensando o canteiro como parte importante do planejamento do projeto. Para a montagem do canteiro de obras é preciso levar em conta os fatores ambientais, climáticos, assim como a idealização de um projeto como um todo, para a alocação correta de materiais e pessoas (FERNANDES, 2012).

A NR 18 institui as condições sanitárias e de conforto para os canteiros, assim como a NR 23, estabelece as normas contra proteção de incêndio. Tendo como base treinamentos para a prevenção de incêndio e utilização de extintores, higiene do canteiro com limpezas programas e vigilância para garantir a segurança de todos envolvidos.

Segundo Fernandes (2012), os canteiros devem ter locais destinados a depósitos e áreas de estocagem, protegidos contra incêndio e permitir o livre trânsito de pessoas. Os materiais maiores são armazenados ao ar livre com proteção de lonas ou capas plásticas, sobre estrados, pranchões ou dormentes nivelados, evitando seu contato direto com o solo. Materiais de pequeno porte devem ser armazenados em caixas ou prateleiras, assim como materiais tóxicos, corrosivos, inflamáveis ou explosivos, devem ser guardados em locais isolados, adequados e seguros.

Todo o recebimento de materiais precisa ser conferido e preservado de maneira a evitar retrabalhos principalmente de pintura, assim com devem ter identificação com placas, para facilitar a montagem (FERNANDES, 2012).

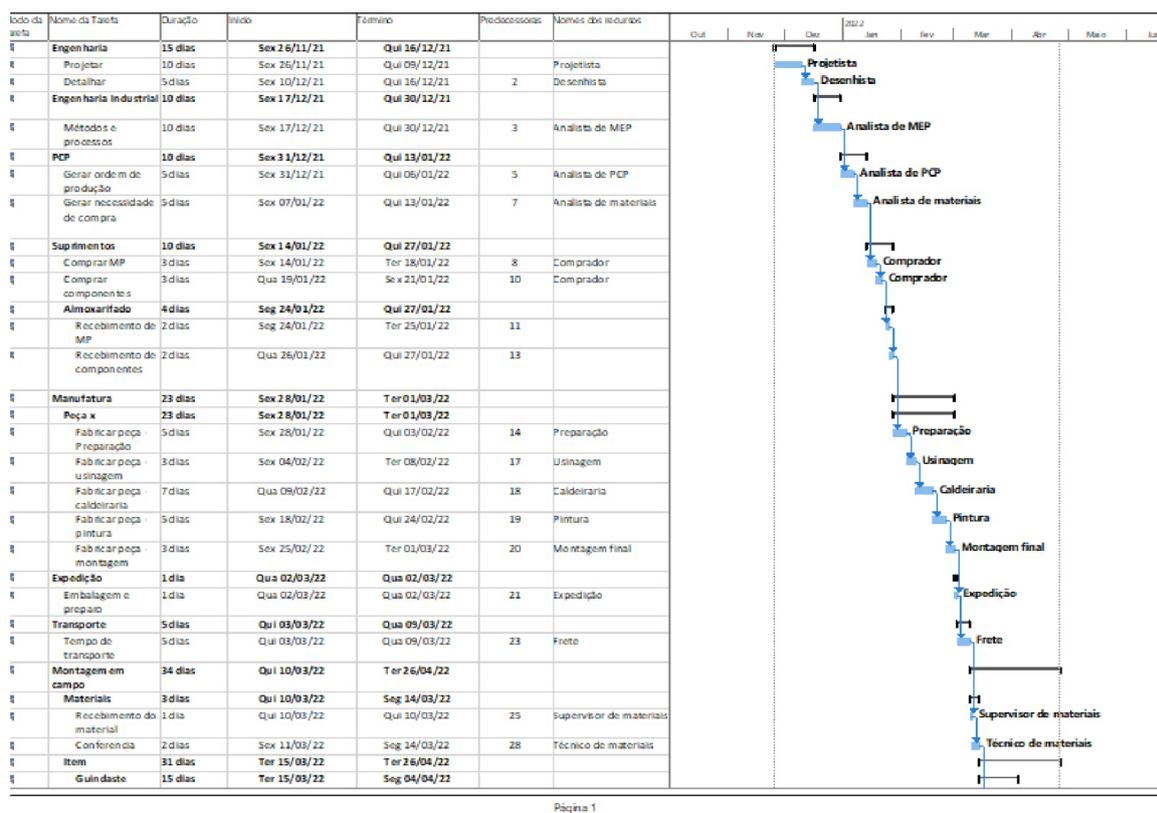
2.6 Planejamento do projeto

Segundo Fernandes (2012), o planejamento para projetos que envolvem montagem é executado de diferentes formas em fábricas, pois no ambiente fabril as atividades são realizadas com mão de obra estável, em boas condições de trabalho. As obras de montagem costumam ser de curta duração, não rotineiras e executadas, muitas vezes, sob variadas condições climáticas, com mão de obra temporária. Por isso, projetos de montagem envolvem grande risco, e requerem mais precisão e flexibilidade no planejamento. Através de softwares de planejamento, como por exemplo, o MS Project, podemos fazer o planejamento, programação e controle dos recursos físicos e humanos. Ainda segundo Fernandes (2012), todo o projeto de montagem deve entregar semanalmente atualização do cronograma e diariamente os RDOs (Relatórios Diários de Obra), assim como o planejamento de obra deve ter como responsabilidades:

- Organizar os arquivos técnicos (desenhos, contratos, normas e especificações);
- Atualizar as estimativas de Hh (homem hora) por atividades;
- Orçar e planejar serviços fora do escopo de montagem;
- Atualizar a programação das atividades e recursos;
- Estimar os custos de cada operação;
- Desenhar e atualizar o cronograma físico financeiro;
- Providenciar a alocação de mão de obra, equipamentos e materiais;
- Medir os serviços executados e providenciar sua cobrança;
- Informar os diferentes aspectos do planejamento, programação e controle de obra, com o software de planejamento.

Na figura 9 apresenta-se um exemplo de um planejamento de obra para o recebimento de materiais, desenvolvido no software MSProject.

Figura 9 - Exemplo de Planejamento no MS Project



Página 1

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.7 Transportador de correia enclausurado

O transportador de correia enclausurado tem como propósito o transporte de grãos, sendo enclausurado elimina a emissão de pó para o ambiente externo, assim como não expõe partes rotativas, ele atende a NR12 (segurança no trabalho em máquinas e equipamentos). Segundo Faço (1981), o equipamento transporta os grãos através de uma correia contínua que se movimenta apoiada em roletes, instalados na estrutura do transportador, e entre dois tambores (acionamento e retorno).

2.7.1 Partes de um transportador

2.7.1.1 Correia transportadora

Através da correia transportadora o material é transportado, ela é definida para cada transportador devido a sua aplicação, tendo como referências: as características do material transportado, capacidade do transportador, comprimento do transportador e tensão máxima da correia. A correia é constituída por carcaça e cobertura, sendo que a carcaça dá a resistência de tensões e flexões para suportar a carga. Sendo o elemento principal de um transportador de carga, dotada de alta resistência a impactos, tensões e flexões, a correia transportadora é basicamente constituída por carcaça e coberturas. A carcaça é responsável por toda a força e resistência da correia, mais comumente fabricadas com fibras têxteis, porém podem ser constituídas por cabos de aço (MERCÚRIO, 2015).

A carcaça das correias transportadoras possui uma proteção de borracha vulcanizada, evitando assim qualquer deterioração. Dependendo da solicitação de tensão da correia, a carcaça pode ser: cabo de aço ou lona. Sendo que as de cabo de aço são mais resistentes às tensões altas. As carcaças do tipo lona são mais utilizadas pela viabilidade econômica (MERCÚRIO, 2015). Na figura 10, a seguir, apresenta-se o tipo de correia que é utilizado nos transportadores de correia.

Figura 10 - Correia Transportadora

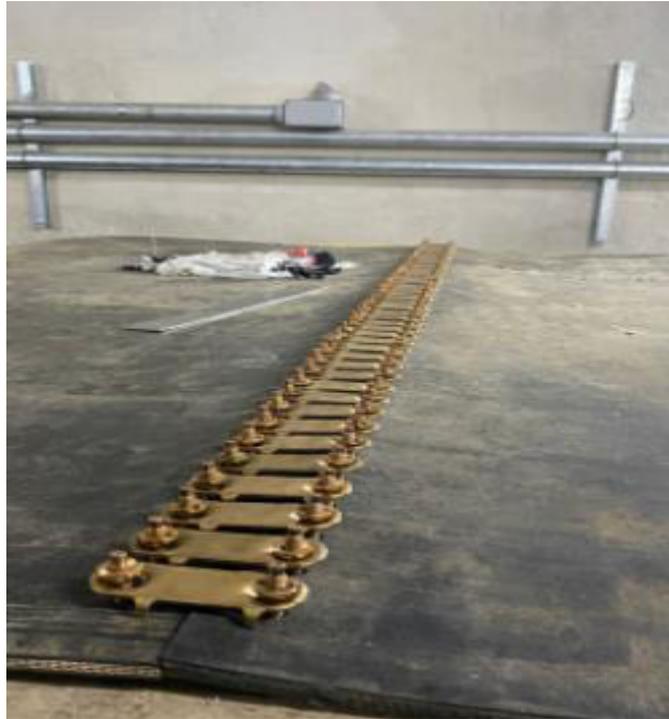


Fonte: Elaborado pelo Autor

O ponto mais crucial durante a montagem das correias transportadoras é a sua emenda que pode ser vulcanizada ou mecânica (FAÇO, 1981).

O processo de emenda vulcanizada exige vários parâmetros, nos quais são exigidos alguns requisitos que dependem do fabricante da correia, tais como: tipo de prensa a ser utilizada, proteção da emenda contra umidade, entre outros (MERCÚRIO, 2015). A emenda mecânica é realizada de forma mais simples, porém, podendo ser aplicada apenas em carcaças de lona, pode ainda causar danos pela sua superfície e expõe a correia à umidade. Na figura 11 é representado um exemplo de emenda mecânica, já na figura 12 é apresentado um exemplo de emenda vulcanizada finalizada, sendo retiradas as prensas que realizam a vulcanização.

Figura 11 - Emenda do tipo mecânica de correia transportadora



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 12 - Emenda do tipo vulcanizada em correia transportadora



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.7.1.2 Roletes de carga (Rolos)

Os roletes são responsáveis pela sustentação da correia e do material a ser transportado, eles possuem livre rotação em torno de seus próprios eixos. Existem vários tipos de roletes: roletes de impacto, roletes de carga, roletes de carga e retorno, roletes guias, entre outros (GAVI, 2009). A figura 13 apresenta um exemplo dos roletes de carga, que foram montados durante o desenvolvimento deste estudo.

Figura 13 - Rolos de carga (Roletes)



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.7.1.3 Tambores

Os tambores (acionamento e retorno) têm o objetivo de tracionar a correia. E podem ser divididos em:

Tambor de esticamento/retorno: esse tambor deve ser utilizado para manter o esticamento (FAÇO,1981). Na figura 14 apresenta-se um exemplo do tambor de esticamento, que foi montado durante o estudo.

Tambor de acionamento: utilizado para transmitir torque, geralmente possui o revestimento emborrachado ou cerâmico, para reduzir o atrito. Na figura 15, temos um tambor de acionamento, que foi montado durante o estudo.

Figura 14 - Tambor de retorno do transportador



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 15 - Tambor de acionamento do transportador



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.7.1.4 Módulos

Os módulos são o elemento construtivo do transportador enclausurado, e possuem a função de proteger a correia e fixar os roletes. As calhas podem ser: calhas intermediárias, calhas lado descarga, calha para emenda da correia, calha com janela e calha de admissão (FAÇO,1981). A figura 16 apresenta o exemplo de módulos que foram montados durante a realização do estudo, sendo

que eles são representados por quatro rolos inclinados (roletes) e dois rolos horizontais, conforme segue abaixo:

Figura 16 - Módulos (calhas) do intermediário do transportador



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.8 Topografia

Segundo Domingues (1979) a palavra "Topografia" deriva das palavras gregas "topos" (lugar) e "graphen" (descrever), significando a descrição exata e minuciosa de um lugar. Já para Espartel (1987) a "Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre".

Na área de montagem industrial a topografia desenvolve papel importante para localização dos equipamentos no lugar para onde foram projetados, sendo fundamental para o bom funcionamento, por exemplo, dos transportadores de correia. Visto que o alinhamento e precisão da localização correta do transportador influem no funcionamento dele, sendo que um erro no

levantamento topográfico pode causar o desalinhamento da correia transportadora, assim como um desalinhamento nos tambores de acionamento e retorno.

Qualquer projeto de engenharia ou arquitetura requer o prévio levantamento topográfico, sobre o local no qual a obra será implantada, já que a topografia é responsável pelo levantamento e medição para o sucesso da implantação do projeto (BORGES, 1992). A figura 17 apresenta o levantamento topográfico realizado na conferência do nivelamento no recebimento de uma galeria, na qual a estação topográfica foi montada para levantar os pontos onde seriam instalados os suportes dos módulos.

Figura 17 - Topografia de transportadores



Fonte: Elaborado pelo Autor

3 METODOLOGIA

É abordada neste item a caracterização da pesquisa, detalhando o objeto do estudo de caso, e as etapas da pesquisa, que foram utilizados para o desenvolvimento desta dissertação. O objeto de estudo constitui a montagem de transportadores de correia através de uma empresa de montagem industrial, onde foi validado o modelo teórico sugerido.

3.1 Caracterização da pesquisa

O projeto de pesquisa é caracterizado quanto à natureza como tipo de pesquisa aplicada, assim como quanto ao procedimento constitui-se numa pesquisa ação com abordagem qualitativa e quantitativa. A proposta do trabalho consiste na análise do mapeamento do fluxo de valor do estado atual para o estado futuro, ou seja, o presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, que segundo Gil (2007), é um tipo de análise que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, pois trata da alteração no modo produtivo caracterizado pela montagem dos transportadores.

Neste trabalho temos a abordagem qualitativa, a qual é empregada para descrever como os dados de produtividade e retrabalhos podem ser melhorados, e a abordagem quantitativa, que segundo Fonseca (2002), recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente. A abordagem qualitativa se preocupa com a compreensão de um grupo social ou de uma organização, explicando o porquê sem quantificar os valores. Segundo Silva e Simon (2005) a pesquisa quantitativa é utilizada quando temos um problema bem definido com informações e teorias suficientes para o objeto do estudo, já a abordagem qualitativa é destinada a objetos cujo conhecimento tenha pouco estudo sobre, tendo como resultado informações empíricas da realidade (SILVA; LOPES; BRAGA JUNIOR, 2014). A ferramenta do mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma aplicação de um instrumento do *Lean Manufacturing* que trabalha com a abordagem qualitativa, pois estuda o

cenário atual e um cenário futuro, após aplicação das mudanças. Já a abordagem quantitativa foi utilizada para quantificar os índices de montagem mecânica, fundamentais para o cálculo do *Lead Time*.

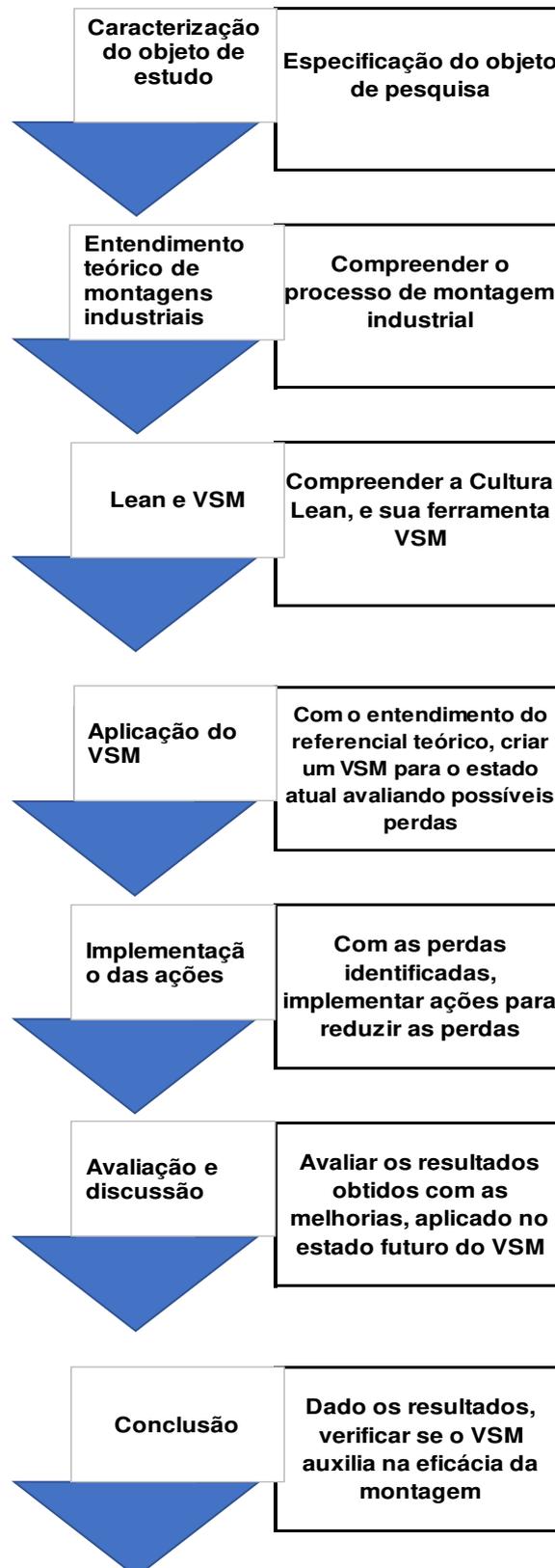
O trabalho apresentado propõe um modelo teórico para auxílio na montagem de transportadores de correia, com a participação direta do autor na aplicação do mapeamento de fluxo de valor, sendo assim caracterizando uma pesquisa ação. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. O processo de pesquisa recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa.

O presente estudo constitui-se através de um projeto de montagem de 08 transportadores enclausurados, com o objetivo de reduzir os índices de improdutividade encontrados ao longo dos 05 primeiros meses do projeto. O VSM visa reduzir a improdutividade e os retrabalhos, gerando um estudo eficaz para futuros projetos, tendo em vista que o mercado nacional possui muita demanda da montagem de tais equipamentos. Este trabalho utiliza-se da pesquisa ação, relacionando a teoria e a prática, com o autor interagindo durante o processo de pesquisa (ENGEL,2000).

3.2 Etapas da pesquisa

As etapas do trabalho podem ser divididas em 07 etapas principais, conforme a figura 18, a seguir:

Figura 18 - Etapas da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor

3.2.1 Caracterização do objeto de estudo

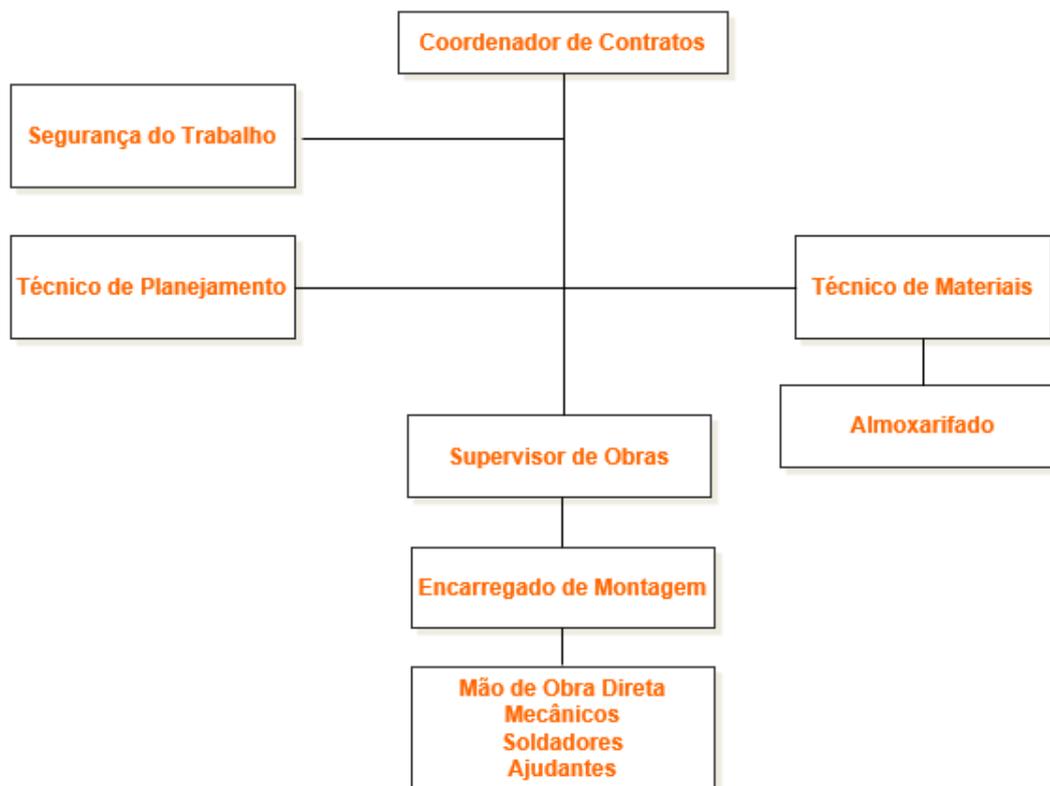
Conforme comentado na introdução do presente trabalho, com o aumento da produção de soja no Brasil, as empresas que fornecem equipamentos para escoamento dos grãos, crescem de forma paralela. Dado esse fato, a pesquisa desta dissertação estuda como o mapeamento do fluxo de valor (VSM) pode auxiliar na eficácia da montagem dos equipamentos, visto que um transportador de correia só gera valor para o cliente final após montado e operando.

A empresa que permitiu que o estudo fosse realizado possui montagens eletromecânicas de diferentes equipamentos, destacando a montagem de transportadores de correia, devido ao momento atual do país, em que as produções de grãos aumentam exigindo locais para estocagem e para exportação. Portanto, se faz necessário um estudo para melhoria nos índices de montagem dos transportadores de correia, para servir como base para outros projetos da empresa do estudo realizado.

Para tal pesquisa, foi estudada a montagem de 08 equipamentos, com vazão de 2000 toneladas por hora, na cidade de Paranaguá/PR. Para o objeto de estudo desta dissertação delimita-se a análise deste exemplo, podendo servir como base para outros estudos similares. Tendo como objeto desse trabalho o projeto de uma empresa de montagem industrial, com o escopo de montagem mecânica de 18 transportadores de correia enclausurados, nos primeiros meses de montagem ficou evidenciado que os índices de produtividade estavam baixos e os de retrabalhos estavam altos, quando comparados ao histórico de montagem de outros projetos. Esse planejamento é feito pela empresa baseado nos históricos da engenharia da empresa, sendo assim o modelo proposto de VSM foi justificado para melhoria dos índices.

A montagem dos transportadores de correia foi realizada a partir de uma equipe com um encarregado, orientado por um supervisor de obras. Para fornecimento de materiais e documentação necessária para o andamento das atividades eram necessários os setores de planejamento, segurança do trabalho e materiais, todos esses eram coordenados por um coordenador de contrato, conforme pode ser explicado pela figura 19.

Figura 19 - Organograma de Montagem



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a montagem dos transportadores de correias, deste estudo, com largura de 60 polegadas e vazão de 2000 toneladas por hora, foram utilizados os seguintes quantitativos de mão de obra e funções, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de mão de obra para transportador com 60"

Mão de Obra por Transportador em média para 60"	
Função	Quantidade
Encarregado de Montagem	1
Mecânico Montador	3
Ajudante	3
Soldador	1

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.2.2 Entendimento teórico das montagens industriais

Utilizando a pesquisa ação, a etapa 2 começa com o entendimento teórico (MELLO,2012). Sendo assim, com a referência teórica exposta anteriormente, foi necessário entender quais eram os assuntos importantes durante a realização de uma montagem industrial.

Durante o estudo, também é relevante o entendimento do recebimento de materiais para a montagem, que deve ser definida através do planejamento do projeto enviado para a fábrica fornecedora dos transportadores de correia e, assim, com o envio via correio eletrônico do pedido das necessidades de peças para armazenamento no local de montagem. O colaborador responsável pelo planejamento, com auxílio do colaborador responsável pelo controle de materiais do projeto, envia o controle do cronograma da obra para a fábrica, contendo as necessidades, e, em seguida, a fábrica produz as peças de acordo com o projeto solicitado. Essa parte é fundamental, visto que a montagem do transportador de correia deve começar pela estação de acionamento, seguindo pelo intermediário e finalizando com a estação de retorno. O mais importante para organização do fornecedor (fábrica) é a determinação do caminho crítico e de como serão executadas as tarefas.

O entendimento teórico sobre os transportadores de correia faz-se necessário para o correto entendimento da montagem dos equipamentos, evitando retrabalhos. Desta forma, através de reuniões diárias, eram repassados os procedimentos de montagem dos transportadores, realizando um treinamento teórico diário do procedimento e o planejamento cotidiano para reduzir os retrabalhos e aumentar a qualidade da montagem. Tal procedimento era fornecido pelo fabricante dos transportadores. Nessas reuniões também eram tratadas as atividades diárias, com a análise de desenho de montagem e envolvimento de toda liderança, sendo esclarecidas todas as dúvidas sobre as etapas de montagem.

Portanto, na definição de montagem industrial o planejamento tem papel fundamental, para que as atividades ocorram de forma correta e com um programa consolidado, para garantir que os resultados financeiros sejam rentáveis.

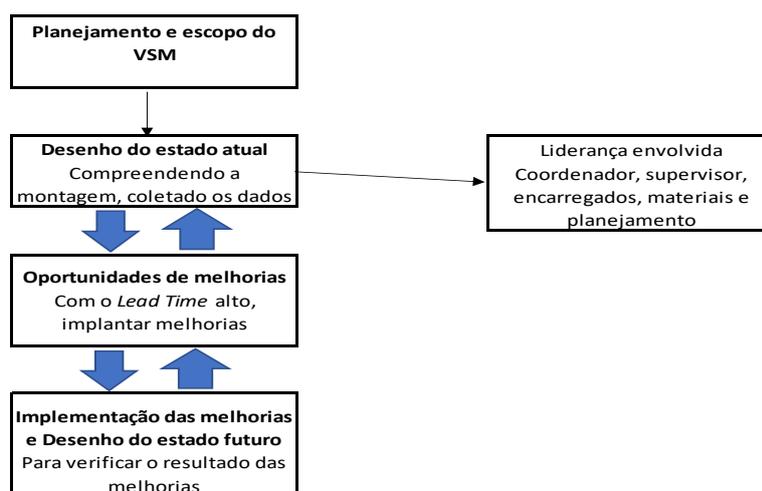
3.2.3 Lean e VSM

Durante o planejamento deste trabalho, é compreendido o método *Lean* estudando suas ferramentas e seus conceitos, assim foi identificado que o VSM é a melhor ferramenta para identificar as perdas e contribuir com uma melhoria no processo de montagem, que serve para outros projetos que a empresa em questão irá realizar. Para contribuição e levantamento de dados foram envolvidas equipes multidisciplinares das áreas de planejamento, segurança, materiais e produção. Antes mesmo da ideia de aplicação do VSM havia um planejamento consolidado nos projetos, porém este planejamento não conseguia identificar os gargalos do processo. Portanto, a etapa número 3 da pesquisa com os estudos sobre a cultura *Lean* e com o aprendizado durante o processo de montagem industrial, (etapa número 2) foi possível gerar um mapeamento do fluxo de valor, com índices analisados durante o processo de montagem dos equipamentos.

3.2.4 Aplicação do VSM

A figura 20 mostra os passos realizados para aplicação do VSM.

Figura 20 - Etapas do VSM aplicadas



Fonte: Elaborado pelo Autor

A figura 20 foi adaptada da figura 5 para explicar as etapas do VSM aplicadas para este estudo. É possível notar, comparando a figura 5 e figura 20, que a metodologia de trabalho foi alterada, pois o estado futuro foi mapeado somente depois das melhorias implementadas, diferentemente da metodologia original. Optou-se assim por uma questão prática em obter o mapa do estado futuro já no seu formato ajustado.

Outra questão pertinente, relacionada à metodologia, é que nos passos 03 e 04 da figura 20, oportunidades de melhorias, implementação das melhorias e desenho do estado futuro, são as mesmas etapas 05 e 06 da figura 18, implementação das ações e avaliação e discussão. Portanto, neste subtítulo se detalham apenas os passos 1 e 2, pois os passos 3 e 4 são explicados nos subcapítulos seguintes.

O passo 01 da figura 18, preliminar a aplicação do VSM propriamente dita, foi validar com a alta administração a aplicação do VSM e mostrar o escopo de aplicação. Também nesta etapa foi definida a equipe envolvida no VSM e o planejamento das seções dele. Com o passo 02 da aplicação do VSM, ocorreu o mapeamento do estado atual. Tendo em vista, o entendimento teórico da montagem dos transportadores de correia, foram coletados dados no *Gemba* (chão de fábrica) para criar o VSM do estado atual, e assim encontrando os pontos de melhorias. A coleta de dados para criação do VSM foi realizada através do acompanhamento diário das atividades, anotando os dados e comparando com os índices de projetos anteriores da empresa, objeto deste estudo.

Neste trabalho analisou-se a montagem de oito transportadores de correia de 60 polegadas, sendo que a necessidade do mapeamento do fluxo de valor foi definida pela experiência adquirida com a montagem de outros transportadores de correia, no mesmo projeto. Como pode ser verificado na figura 20, a liderança dos setores de montagem, segurança, materiais e planejamento, foi envolvida para a coleta de dados.

Portanto, foi criado um VSM para verificar o *Lead Time* da montagem dos transportadores de correia, para o estado atual.

3.2.5 Implementação das ações

Durante a coleta de dados para confecção do VSM atual foi possível notar que o fluxo de informações estava muito comprometido, devido às informações que eram emitidas pelo planejamento do projeto, que era feito de forma semanal. Verificou-se que quando havia a necessidade, principalmente, de alinhar as informações diárias, havia também a dispersão de qual era a atividade para ser realizada. Assim como existia um gargalo grande no recebimento de peças da fábrica, pois a equipe de recebimento de peças era formada por um técnico de materiais e ele devia receber as peças, conferir, armazenar e entregar para os encarregados de montagem para o começo da montagem. A necessidade de engajamento das equipes perante a qualidade na montagem e na segurança foi um fator de relevância notado, pois essa falta de compromisso, principalmente com a qualidade de montagem, gerava muitos retrabalhos.

A falta do fluxo de informações também atingia as atividades a serem realizadas, pois cada encarregado responsável por um transportador diferente não tinha uma sequência de montagem, logo não havia o hábito de carregar os desenhos para as frentes de serviço, como também não existia o planejamento do que se devia fazer. Portanto, o encarregado e sua equipe montavam sem sequência de montagem. Tudo isso ocasionava perdas da mão de obra, gerando estresse para todas as partes, pois faltava claramente um fluxo de informações e planejamento. A falta de qualificação, principalmente dos encarregados de montagem referentes à montagem dos transportadores, gerava muito retrabalho, ocasionando horas de trabalho perdidas mesmo a montagem dos transportadores sendo idêntica, o começo da montagem sempre gerava um retrabalho.

3.2.6 Avaliação e discussões

Na etapa de avaliação foi possível aferir se os resultados apresentados auxiliaram na eficácia do cronograma. Além disso, foi possível realizar interpretações sobre os acontecimentos, comparar os mesmos com a literatura e realizar afirmações.

3.2.7 Conclusão

Nesta etapa, a pesquisa então é finalizada com a conclusão se os resultados da hipótese inicial (VSM para auxiliar a eficácia do cronograma de montagem da esteira) são verdadeiros ou não. Nesta etapa resumem-se os principais resultados e contribuições acadêmicas. Também é apontado a sugestão de continuidade da pesquisa (trabalhos futuros).

4 RESULTADOS

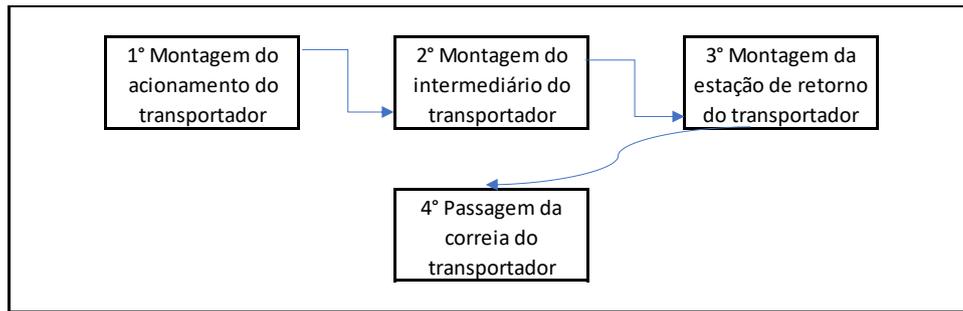
Para tal, este trabalho conduz o mapeamento do fluxo de valor, utilizando dados coletados no dia a dia da montagem, para a construção do VSM. A teoria apresentada para criação do VSM foi aplicada na prática, avaliando quais os impactos que as melhorias podem acarretar em um projeto de montagem industrial. A partir da etapa de caracterização do objeto do estudo de caso, já detalhada no capítulo anterior, foram desenvolvidas as etapas seguintes e apresentadas neste capítulo.

4.1 ENTENDIMENTO TEÓRICO DE MONTAGENS INDUSTRIAIS

Com as definições sobre a cultura *Lean* difundidas e com a escolha do processo de montagem de cada transportador de correia definidos, o primeiro passo foi entender no *Gemba*, quais eram as atividades necessárias para montagem de um transportador. A figura 21 mostra de forma sucinta o passo a passo da montagem dos transportadores, com a ordem abaixo:

- Montagem da estação de acionamento do transportador de correia;
- Montagem do intermediário do transportador;
- Montagem da estação de retorno do transportador;
- Passagem da correia do transportador;
- Testes e comissionamento.

Figura 21 - Etapas da montagem de um transportador de correia



Fonte: Elaborado pelo Autor

Diariamente eram repassados, com os encarregados de montagem, os procedimentos de montagem dos equipamentos. Tais procedimentos eram fornecidos pelos fiscais do projeto, que faziam parte da empresa fabricante dos componentes do transportador de correia. Nas reuniões diárias eram tratados assuntos sobre o planejamento diário e sobre a execução das tarefas, seguindo os procedimentos para reduzir retrabalhos de montagem e melhorar a qualidade da montagem.

Como resultado desta etapa, diariamente os envolvidos recebiam treinamentos direcionados e específicos sobre os componentes, métodos de trabalho, padrões de qualidade, agregação de valor, desempenho do componente e/ou equipamento, entre outros. Assim, percebeu-se uma melhoria na habilidade dos envolvidos. O supervisor chegou a comentar: *“Nunca vi execuções com tanto empenho e qualidade pelos operadores”*.

Para o *Lead Time* da montagem dos transportadores de correia ainda é necessária a etapa número 5 de testes e comissionamento, porém esta etapa não depende da empresa de montagem, sendo realizada pela empresa que fornece os transportadores de correias, deste modo ela não foi contemplada para este estudo, mesmo fazendo parte do cronograma original do projeto.

4.2 ENTENDIMENTO TEÓRICO SOBRE *LEAN* e VSM

Para ter o entendimento teórico da cultura *Lean* e aplicação da sua ferramenta VSM, foi necessário realizar estudos sobre os conceitos teóricos, a fim de saber o procedimento correto de coleta de dados e criação do mapeamento do fluxo de valor. Desta forma, a liderança do projeto, o coordenador, o supervisor, o planejador e os encarregados, foram treinados sobre os conceitos do VSM para auxiliar na coleta dos índices de montagem para o desenho do VSM do estado atual.

Portanto, com o entendimento teórico, definiram-se as metas operacionais dos envolvidos na montagem, alinhando todos a um objetivo comum que era a melhoria da eficácia dos índices de montagem, evitando perdas, tendo uma visão macro de todo o processo para os colaboradores abrangidos. Esta etapa só foi possível através do trabalho desenvolvido nas reuniões diárias com as equipes de montagem, para o entendimento do que eram as perdas que não geravam valor para o processo de montagem e como podíamos aplicar as melhorias, estabelecendo uma cultura *Lean*.

4.3 APLICAÇÃO DO VSM E POSSÍVEIS PERDAS

Após os resultados das três primeiras etapas (Figura 18) da metodologia, este item trata da aplicação do VSM propriamente dita. A figura 19 mostrou os passos da aplicação do VSM para a presente pesquisa, os quais são mostrados a seguir seus respectivos resultados. Para consulta na fase de orçamentos, a tabela 2 serve como base para o setor de orçamentos logo a tabela 2 serve para análise teórica dos índices de montagem, assim o VSM auxiliou para a montagem chegar próximos dos índices teóricos e a mesma tabela é utilizada como base dos valores na coleta de dados.

Tabela 2 - Índices de Hh para montagem de transportadores

Índices para montagem de transportador de 155 metros - 60"

Item	Atividade	Duração (Dia útil)	Equipe MOD	Hh	Tempo para 01 módulo de 03 metros
1	Recebimento e movimentação de materiais	3	2	45,76	1,14
2	Pré-Montagem de rolamentos + rolos inclinados	3	4	105,6	2,03
3	Montagem de rolos (Horiz. + Incl) nas calhas	7	2	123,2	2,37
4	Topografia de recebimento da galeria/túnel	0,6	1	5,28	0,07
5	Alinhamento, furação e montagem de pés (inclusive Y)	5	6	274,56	0,19
6	Topografia de verificação de montagem Pés	0,7	1	5,72	0,07
7	Montagem da estação de acionamento + tambor	3	3	68,64	0,76
8	Montagem de calhas em cima dos pés	6	6	316,8	0,16
9	Fixação de talas de emenda de calhas	3	4	91,52	0,57
10	Montagem do trilho, estação de esticamento + tambor	3	3	85,8	0,61
11	Montagem do sistema de esticamento	9	4	320,32	0,16
12	Topografia alinhamento de tambores	1	1	5,28	9,85
13	Montagem da motorização	3	4	91,52	0,57
14	Alinhamento de motor redutor com mec. Ajustador	1	2	22,88	2,27
15	Passagem da Correia + Tensionamento + Emenda	4	5	171,6	0,3
16	Posiciona o contrapeso para esticamento	1	2	11,44	4,55
17	Montagem de dutos de descarga	8	4	274,56	0,19
18	Montagem de tampas fixas	2	4	70,4	0,68
19	Montagem de tampas móveis	7	5	286	0,18
20	Montagem de sensores	3	4	105,6	0,45
21	Montagem de filtros (Se aplicável)	4	3	102,96	0,51
22	Montagem de grades NR12 (Se aplicável)	4	6	205,92	0,25
23	Montagem de arrastadores	3	2	45,76	1,14
24	Retoques de pintura	4	4	137,28	0,38
25	Comissionamento/Pendências	5	4	183,04	0,28
26	Testes a vazio	1	4	45,76	1,14
27	Testes com carga	1	4	45,76	1,14
28	Alinhamento à laser do motor redutor	0,5	1	4,4	11,82
Total				3248,96	

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3.1 Coleta de dados para Montagem da estação de acionamento do transportador de correia

Para criação do VSM é necessário a coleta de dados, conforme figura 19, entendendo as atividades de montagem do acionamento do transportador, que começam com a topografia do local. Em seguida, acontece a retirada das peças necessárias do local de armazenamento até o local de montagem, com auxílio de equipamentos de elevação de carga, neste caso a empilhadeira de 2,5 ton, caminhão Munck de 10 toneladas, dependendo do raio, altura e peso da peça, e ainda o guindaste, conforme o local de montagem. Na maioria das montagens dos transportadores deste estudo, utilizou-se o guindaste de 75 toneladas. Para análise do estado atual da montagem da estação de acionamento dos transportadores de correia, que fazem parte desse estudo, foram coletados os tempos demonstrados na tabela 3.

Tabela 3 – Etapas de montagem da estação de acionamento

Etapas de montagem da estação de acionamento	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Topografia do local de montagem	3	4	2,5	3,5	3,25
Montagem da estação de acionamento	18	22	20	19	19,5
Montagem do motor	9	8	8	9	8,5
Alinhamento do motor	5	5	4	4	4,5
				Total	35,75

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir da tabela acima, temos o tempo de ciclo médio para a atividade de montagem do acionamento de **35,75** horas.

4.3.2 Coleta de dados para Montagem do intermediário do transportador

Assim como citada na montagem da estação de acionamento, a montagem do intermediário do transportador é feita com a topografia do local, após o recebimento de peças com o auxílio dos equipamentos de elevação de carga (Munck, empilhadeira e guindaste). Considerando um módulo com duas tampas fixas, uma tampa móvel, quatro rolos inclinados, dois rolos horizontais e dois suportes, temos o tempo de ciclo médio de 8,46 horas. Esse período equivale para um módulo de 03 metros, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Montagem do intermediário para 01 módulo

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Pré montagem de rolamentos e rolos (06 rolos)	2,6	2,5	2,4	2	2,45
Montagem dos rolos horizontais e inclinados nos módulos (06 rolos)	3	3,2	3,7	3,8	3,45
Alinhamento e montagem dos suportes do transportador	0,23	0,22	0,24	0,25	0,235
Montagem dos módulos nos suportes	0,2	0,18	0,22	0,23	0,21
Montagem das talas de emendas dos módulos	0,62	0,69	0,67	0,68	0,675
Montagem de tampas fixas	0,75	0,76	0,76	0,74	0,755
Montagem de tampas móveis	0,2	0,2	0,2	0,21	0,2
Montagem de sensores	0,4	0,41	0,42	0,42	0,485
				Total	8,46

Fonte: Elaborado pelo Autor

Sendo que para o intermediário de um transportador de correia, temos 03 metros por módulos, e cada um dos quatro primeiros equipamentos analisados tem-se as metragens, conforme a tabela 5.

Tabela 5 - Lista de equipamentos

Equipamento	Comprimento em metros
Equipamento 1	138,4
Equipamento 2	131,7
Equipamento 3	151,4
Equipamento 4	159,4
Tamanho médio do transportadores	144,9

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com o tamanho médio dos transportadores de 144,9 metros, dividimos por 03 metros, devido ao tamanho dos módulos, e temos: 48,3, que é multiplicado por 8,46 horas. Assim, para um transportador ter o conjunto intermediário montado, é necessário o total de 406,08 horas. Como temos 8,8 horas de disponibilidade por turno, e para cada turno deve-se montar 3 módulos, temos que 3 módulos multiplicado a 8,46 horas, resultando em **25,38 horas**.

4.3.3 Coleta de dados para Montagem da estação de retorno do transportador

A estação de retorno segue os mesmos passos das anteriores, com a separação das peças no local de armazenamento, é feito o deslocamento das peças para o local de montagem. Nos quatro primeiros equipamentos do corredor de exportação foi identificado um tempo de ciclo médio de **21,75 horas**, conforme pode ser verificado na tabela 6.

Tabela 6 - Etapas de montagem estação de retorno

Etapas de montagem estação de retorno	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Topografia do local de montagem	4	3	3,5	3	3,25
Montagem da estação de retorno	18	18	21	19	18,5
				Total	21,75

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3.4 Coleta de dados para Passagem da correia do transportador

Dado o recebimento da correia para o equipamento no canteiro de obras, temos que transportá-la até o local de passagem da correia, que então com auxílio de um guindaste é colocada sobre o suporte. Sendo assim a passagem da correia é feita com auxílio de um guincho devido ao peso e ao atrito que gera com o fundo dos módulos. Para os quatro primeiros módulos dos transportadores do corredor de exportação foi coletado um tempo de ciclo médio de **23,5 horas**, conforme analisado na tabela 7.

Tabela 7 - Etapas de passagem de correia

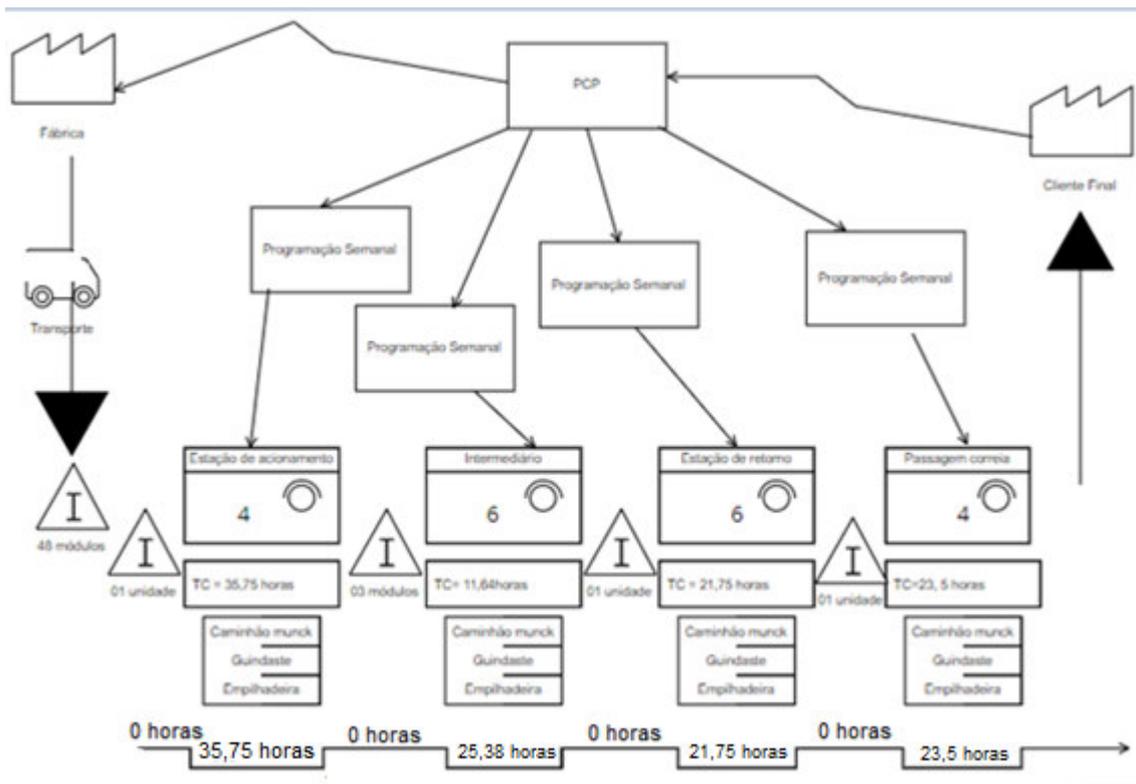
Etapas de passagem de correia	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Preparação para dispositivos para suporte da correia	8	9	8	10	8,5
Passagem da correia	15	12	15	18	15
				Total	23,5

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3.5 Construção do mapa do estado atual

Com os dados coletados, podemos desenhar o mapa para o estado atual do VSM, conforma a figura 22.

Figura 22 - VSM para o estado atual do TCO



Fonte: Elaborado pelo Autor

A construção do desenho do mapa atual percebeu-se que o *Lead Time* total foi de 106,38 horas, e o valor agregado é o próprio 106,38 horas.

Com a disponibilidade do processo de 8,8 horas, ao realizar o mapeamento de valor da montagem de todos os componentes de um transportador de correia, é possível notar que não temos um fluxo contínuo e a maior quantidade de trabalho está na montagem da parte intermediária do transportador, visto que na figura 22 é apresentado o tempo em horas para a montagem de apenas 3 módulos, devido ao turno de 8,8 horas, porém para todo o intermediário de 48 módulos multiplicado por 8,46 horas, resultando em 406,08 horas, por onde passa a correia transportadora e o material transportado.

Desta forma, o mapeamento do fluxo de valor da montagem dos transportadores demonstrou que a montagem do intermediário desfigura o VSM, dado que o intermediário é formado por 48 módulos e as outras partes são formadas apenas por um conjunto (acionamento e retorno). Com a coleta de

dados, também foi possível analisar que as maiores perdas e a maior carga de trabalho estão na montagem do intermediário do transportador de correia. A equipe, ao analisar o estado atual do VSM, percebeu que se fosse mapeado apenas a parte do conjunto intermediário, identificadas as perdas e reduzidos os problemas e perdas durante o processo de montagem, seria possível garantir a eficácia do planejamento e do cronograma. Em seguida, foi realizado um novo mapeamento apenas para o conjunto intermediário.

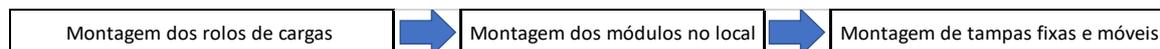
4.3.5.1 Mapeamento do fluxo de valor do estado atual do conjunto intermediário

Portanto, com a definição do fluxo de valor da montagem dos módulos do intermediário, foi definido seguindo os passos da construção do VSM:

1° - Definindo a família de peças, neste caso os módulos de montagem do intermediário dos transportadores;

2° - Conhecendo o fluxo de valor, através do *Gemba* e do acervo teórico acerca de transportadores, definimos o passo a passo, conforme a figura 23.

Figura 23 - Fluxo de valor



Fonte: Elaborado pelo Autor

Neste trabalho a produção é controlada pelo coordenador de projetos, que neste caso é o autor. Desta forma, definido como gerente do fluxo de valor.

3° - Entendendo os requisitos do cliente: o cliente final é a empresa que contratou os serviços de compra e montagem dos transportadores para aumento da capacidade de armazenamento e exportação de grãos, neste caso, a soja. A demanda é definida através do cronograma do projeto de cada transportador, caso a parte intermediária fosse entregue no prazo de um mês, ou seja, 140,8 horas executadas, contabilizando 16 dias trabalhados no mês. A retirada mensal do cliente será de 48 módulos. Porém, para facilitar o controle da produção,

foram divididos em 03 módulos diários, contabilizando 16 dias trabalhados, tendo a disponibilidade diária de 8,8 horas.

- Cálculo do *Takt time*:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Demanda\ do\ cliente}$$

Equação 7 - Cálculo do Takt Time para estado atual

$$Takt\ time = \frac{8,8\ horas}{3\ módulos}$$

$$Takt\ time = 2,93 \frac{horas}{módulos}$$

4° Coletando as informações sobre o processo:

Assim como mencionado anteriormente para o acionamento, primeiramente é realizada a topografia no local onde será realizada a montagem do intermediário do transportador, posteriormente acontece o recebimento de peças com o auxílio dos equipamentos de elevação de carga. Considerando um módulo com duas tampas fixas, uma tampa móvel, quatro rolos inclinados, dois rolos horizontais e dois suportes. Dividi-se a montagem dos módulos intermediários em três partes, sendo:

- Montagem dos rolamentos e rolos de cargas;
- Posicionamento dos módulos, com alinhamento e fixação;
- Montagem de tampas e sensores.

4.3.5.2 Montagem dos rolamentos e rolos de cargas

Os rolamentos foram recebidos no projeto separados dos rolos, sendo necessária a montagem nos rolos e a fixação deles nos módulos. A seguir, temos os tempos e as etapas para montagem, que foram medidos através de crono análise, conforme podemos analisar na tabela 8.

Tabela 8 - Etapas de montagem rolos de cargas

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Pré montagem de rolamentos e rolos (06 rolos)	2,6	2,5	2,4	2	2,4
Montagem dos rolos horizontais e inclinados nos módulos (06 rolos)	3	3,2	3,7	3,8	3,4
				Total	5,9

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3.5.3 Posicionamento dos módulos, com alinhamento e fixação

Com os módulos armazenados no canteiro de obras, primeiramente é feita a limpeza e separação deles, de acordo com o número de desenho de referência. Após, são carregados por empilhadeira ou caminhão Munck para o local de montagem. Com a topografia já realizada e a montagem dos suportes dos módulos, podemos enfim alocar os módulos. Posteriormente a montagem dos módulos, é feita a montagem das talas de emendas dos módulos, sendo os tempos coletados, conforme representado na tabela 9.

Tabela 9 - Etapas de montagem dos módulos

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Alinhamento e montagem dos suportes do transportador	0,23	0,22	0,24	0,25	0,23
Topografia para verificação da montagem dos suportes	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Montagem dos módulos nos suportes	0,2	0,18	0,22	0,23	0,21
Montagem das talas de emendas dos módulos	0,62	0,69	0,67	0,68	0,67
				Total	1,19

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.3.5.4 Montagem de tampas e sensores

Para finalizar a montagem dos módulos é necessário montar as tampas fixas, tampas móveis e sensores dos transportadores. A tabela 10 apresenta os tempos coletados.

Tabela 10 - Montagem de tampas e sensores

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 1 (horas)	Equip. 2 (horas)	Equip. 3 (horas)	Equip. 4 (horas)	Tempo médio (horas)
Montagem de tampas fixas	0,75	0,76	0,76	0,74	0,75
Montagem de tampas móveis	0,2	0,2	0,2	0,21	0,2
Montagem de sensores	0,4	0,41	0,42	0,42	0,41
				Total	1,37

Fonte: Elaborado pelo Autor

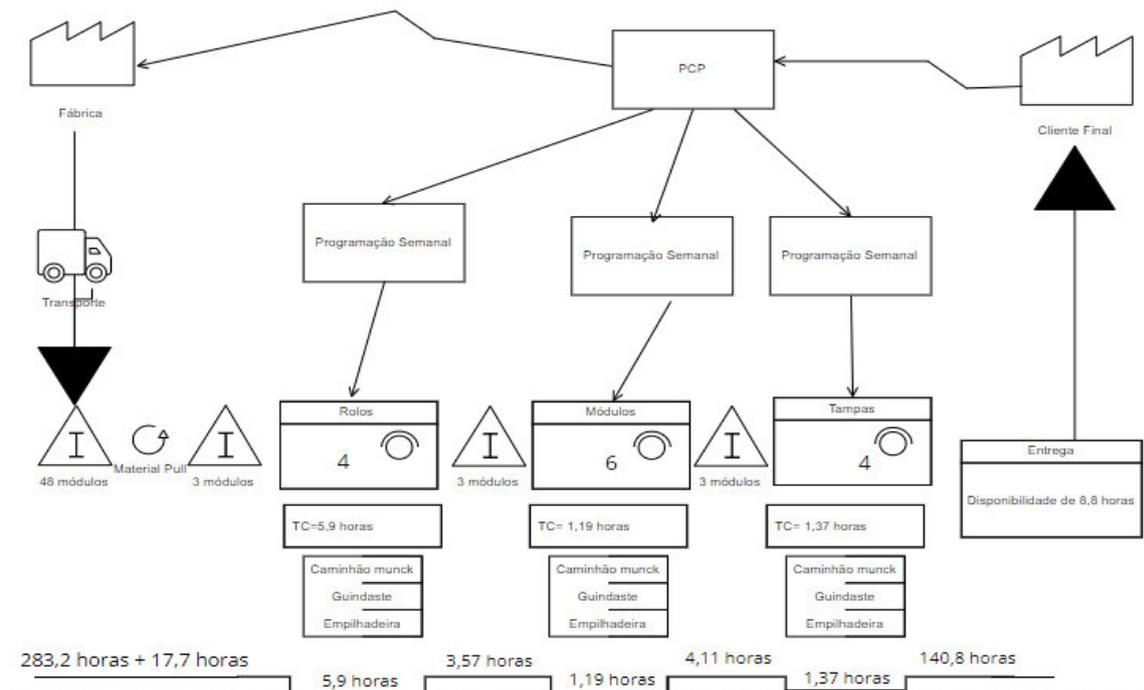
5° Estoques intermediários: o estoque do processo é de 48 módulos, pois o fluxo de valor é dependente do processo anterior.

6°e 7° Colocando em perspectiva: Com os dados coletados, é possível desenhar o mapeamento do fluxo de valor.

4.3.5.5 Mapa do fluxo de valor

Com os dados coletados para a montagem da parte intermediária do transportador de correia, podemos desenhar o mapa atual, conforme a figura 24.

Figura 24 - VSM do estado atual para o intermediário



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com o VSM pronto, identificamos que o *Lead Time* do processo é de 457,84 horas. A disponibilidade do processo é de 8,8 horas. Importante ressaltar que 5,9 horas da montagem dos rolos são para a montagem de 06 rolos em cada módulo, sendo dois rolos horizontais e quatro inclinados. Além que o valor de 283,2 horas é resultado do tempo de espera de 48 módulos multiplicado pela montagem dos rolos de 5,9 horas, somado ao tempo de espera da multiplicação de 5,9 horas por 3 módulos.

4.3.5.6 Avaliação das possíveis perdas

As perdas do processo identificadas ao longo do desenho do VSM foram identificadas. As maiores perdas identificadas foram:

- Falta de comunicação entre o setor de planejamento e o supervisor de montagem, gerando falta de planejamento nas atividades executadas e ocasionando perda por espera e por defeitos;
- Falta de mão de obra suficiente para atender as demandas do setor de materiais, acarretando perda por espera nas frentes de trabalhos da montagem e perda por movimentação, gerando movimentos desnecessários dos colaboradores para buscar peças;
- Problemas com qualidade e segurança provenientes da falta de comunicação sobre o entendimento correto dos procedimentos de montagem e segurança, gerando perdas por defeitos;
- Problema de entendimento do procedimento de montagem dos equipamentos por parte dos encarregados, gerando muitos retrabalhos e ocasionando perda por defeitos.

A partir dos problemas e perdas foram identificadas oportunidades de melhorias mostradas no capítulo seguinte.

4.4 Oportunidade de Melhorias

Tendo o VSM atual aplicado e os problemas identificados, foram definidas soluções para eliminarem ou reduzirem esses problemas. O Quadro 1 relaciona os problemas apontados anteriormente com as oportunidades de melhorias e, a seguir são detalhadas as mesmas.

Quadro 1 - Problemas e Sugestões de Melhorias

Problemas	Perdas	Sugestões de Melhorias
Falta de comunicação entre o setor de planejamento e o supervisor de montagem	Perdas por defeitos e esperas	Melhoria na comunicação entre o planejamento e os executores
Falta de mão de obra suficiente para atender as demandas do setor de materiais	Perda por movimentação	Reforço na mão de obra de materiais
Problemas com qualidade e segurança	Perda por defeitos	Engajamento dos envolvidos com a cultura de qualidade e segurança
Problema de entendimento do procedimento de montagem dos equipamentos por parte dos encarregados	Perda por defeitos	Melhoria no entendimento do encarregado sobre a montagem dos equipamentos

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4.1 Melhoria na comunicação entre o planejamento e os executores

O planejamento de obras, no caso na etapa de montagem, parte da premissa de modo a atender as datas consolidadas junto ao contrato com o cliente final.

A base para este cronograma ser executado com assertividade e garantir o atendimento ao contrato elaborado, parte do mapeamento das necessidades de materiais, *Lead Times* de fornecimento e a definição dos tempos de montagem dos itens junto ao equipamento.

Diante o exposto deve ser iniciado o detalhamento da execução das atividades, a ordenação das atividades e etapas com base no calendário e horários de trabalho proposto.

O software de gerenciamento de projetos MS Project, por exemplo, auxilia este processo com os critérios de montagem bem definidos.

- Critérios que devem ser avaliados na elaboração de um cronograma de montagem:
 - Lista de tarefas (com predecessoras/sucessoras bem definidas);
 - Tempos de duração com base numa média, estimativa ou tempo real de execução;
 - Recursos necessários para execução da atividade;
 - Períodos de trabalho;
 - Sequenciamento de tarefas.
- Critérios que devem ser avaliados na elaboração de um cronograma de fabricação:
 - Lista de tarefas (com predecessoras/sucessoras bem definidas);
 - *Lead time* de fornecimento de itens (data de necessidade):
 - Matéria-prima;
 - Itens comprados.
 - Tempo de métodos e processos e PCP;
 - Tempos de fabricação;
 - Período de trabalho;
 - Recursos necessários.
- Critérios que devem ser avaliados na elaboração de um cronograma de engenharia:
 - Lista de tarefas (com predecessoras/sucessoras bem definidas);
 - Definição do escopo de projeto;
 - Definição da equipe de trabalho;
 - Períodos de trabalho.

Com os critérios acima definidos, o software utilizado na elaboração do cronograma calcula as datas nas quais cada atividade necessita ser iniciada e concluída, com isso teremos as datas de execução das atividades que compõem o projeto. A figura 25 apresenta um exemplo da elaboração do planejamento através do software *MSPProject*.

Figura 25 - Elaboração de MS Project para o planejamento

Modo da	Nome da Tarefa	% concl.	Duração	Início	Término	Predecessoras	Sucessoras
	EXPEDIÇÃO	76%	243,88 dias	Sex 21/08/20	Ter 07/09/21		
	Transportador de Correia Enclausurado 2.000t/h 60° 131,7m - TCO719	99%	220,47 dias	Ter 08/09/20	Ter 17/08/21		
	Transportador de Correia Enclausurado 2.000t/h 60° 159,4m - TCO720	77%	134,09 dias	Seg 01/02/21	Sex 20/08/21		
	Transportador de Correia Enclausurado 2.000t/h 60° 111,3m - TCO721	63%	97,18 dias	Seg 29/03/21	Ter 24/08/21		
	Marcos/Premissas	100%	47,27 dias	Seg 29/03/21	Qua 09/06/21		
	Liberação Civil	100%	0 dias	Seg 29/03/21	Seg 29/03/21		655
	Liberação Estrutura Metálica	100%	0 dias	Seg 29/03/21	Seg 29/03/21		
	Entrega de material - Intermediário	100%	0 dias	Sex 23/04/21	Sex 23/04/21		651;648
	Entrega material - Acionamento	100%	0 dias	Sex 30/04/21	Sex 30/04/21		652
	Entrega material - Esticamento	100%	0 dias	Sex 30/04/21	Sex 30/04/21		653
	Entrega material - Interligação	100%	0 dias	Qua 07/04/21	Qua 07/04/21		654
	Início da pré-montagem do equipamento	100%	0 dias	Qua 09/06/21	Qua 09/06/21	644	664;649
	Início da montagem do equipamento	100%	0 dias	Qua 09/06/21	Qua 09/06/21	648	655;662
	Recebimento/Topografia	100%	65,49 dias	Qua 07/04/21	Sex 16/07/21		
	Recebimento de materiais intermediário	100%	2 dias	Sex 23/04/21	Sex 16/07/21	644	657
	Recebimento de materiais acionamento	100%	2 dias	Sex 30/04/21	Sex 16/07/21	645	658
	Recebimento de materiais esticamento	100%	2 dias	Sex 30/04/21	Sex 16/07/21	646	659
	Recebimento de materiais interligação	100%	2 dias	Qua 07/04/21	Sex 16/07/21	647	660
	Levantamento e liberação topográfica	100%	1 dia	Qua 09/06/21	Qui 10/06/21	642;649	662
	Transporte / Movimentação	90%	47,27 dias	Seg 31/05/21	Qua 11/08/21		
	Transporte de material intermediário	90%	1 dia	Sex 18/06/21	Qua 11/08/21	651	664;662
	Transporte de material acionamento	90%	1 dia	Sex 23/07/21	Qua 11/08/21	652	669

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desta forma, visando à melhoria entre o planejamento e os executores, primeiramente com o planejamento do contrato, o responsável pela idealização do projeto faz inúmeras reuniões com os encarregados das frentes de trabalho para discutir semanalmente as atividades diárias com eles. Sendo assim, além do tempo de execução também foi possível anotar as dificuldades durante a montagem e verificar qual era o total de mão de obra necessário para realização de cada atividade. Deste modo, obteve-se o planejamento diário com visão quinzenal, conforme a figura 26 demonstra.

Figura 26 - Elaboração de planejamento diário

PROGRAMAÇÃO SEMANAL (VISÃO QUINZENAL)								CONTRATO: TPR00333.917.2020	
Nº EAP	EQPTO	ATIVIDADE	PROG	RESPONSÁVEL	INICIO	FIM	MOD	PLAN O DE INIC	PLAN O DE DUR
-	TCO720	Passagem da correia com motor de tração	PROG	ADRIANO	05/07/2021	06/07/2021	6,00	142	2
-	TCO720	Montagem de roldanas externas do sistema de esticamento	PROG	ADRIANO	07/07/2021	08/07/2021	4,00	144	2
-	TCO720	Montagem de bota do TCO719 para TCO720, com estaia	PROG	ADRIANO	30/06/2021	05/07/2021	3,00	137	6
-	TCO720	Montagem de alças e posicionamento de parte das tampas	PROG	ADRIANO	06/07/2021	10/07/2021	4,00	143	5
-	TCO720	Montagem de sensores em mancais e contrapesos + cord	PROG	ADRIANO	12/07/2021	16/07/2021	2,00	149	5
-	TCO720	Tensionamento da correia e emenda da correia	PROG	Sservice	09/07/2021	10/07/2021	4,00	146	2
-	TCO720	Comissionamento do TCO720	PROG	ADRIANO	12/07/2021	16/07/2021	4,00	149	5
-	TCO720	Montagem de grades de proteção do contrapeso e estica	PROG	ADRIANO	13/07/2021	16/07/2021	4,00	150	4

Fonte: Elaborado pelo Autor

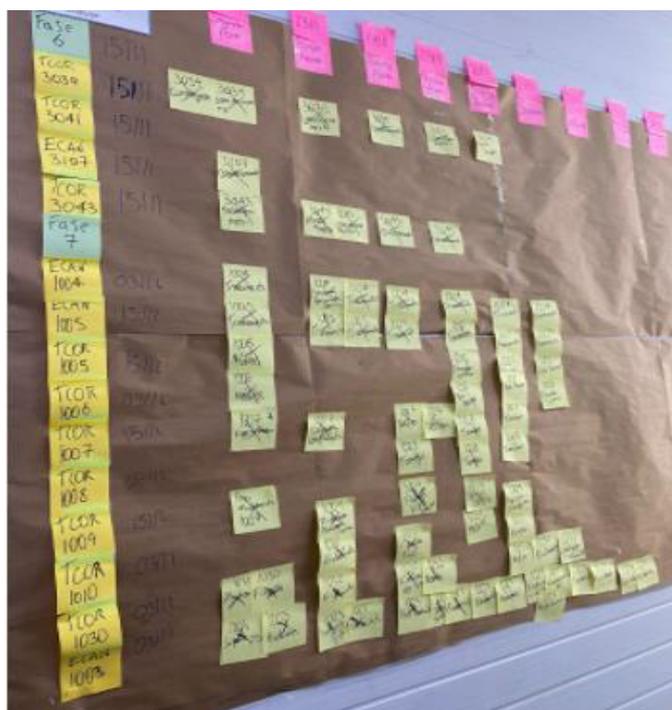
Somente com essa atividade já podemos notar melhorias significativas no atendimento ao cronograma e ao fluxo de informações, pois todos os envolvidos no processo sabiam o que realmente precisavam fazer. Assim, para calibrar as atividades, eram feitas reuniões diárias com os encarregados, supervisor de montagem, coordenador de montagem e planejamento. Essas reuniões serviam para montar o quadro de gestão à vista, que era preenchido de forma quinzenal, conforme a figura 27 e figura 28.

Figura 27 - Gestão à vista das atividades diárias



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 28 - Gestão à vista das atividades diárias



Fonte: Elaborado pelo Autor

Portanto, aplicando a aproximação entre o planejamento (escritório) e os colaboradores do *Gemba*, houve uma evidente melhoria na comunicação e no entendimento do que cada colaborador deveria fazer para manter um fluxo contínuo de informações e trabalho. Uma vez que foi ajustado o que o planejador pensava quando fazia o planejamento no MS Project e o que realmente acontecia durante a montagem, havendo uma quebra do distanciamento entre o setor de planejamento e a produção.

4.4.2 Reforço na mão de obra de materiais

Com o mapeamento de fluxo de valor foi possível notar que do recebimento dos materiais em obra até a liberação deles para a produção havia um tempo de espera de até um turno (8,8 horas), pois apenas um técnico de materiais era definido para o setor de materiais, durante o processo de orçamento. O técnico era responsável pelas seguintes atividades:

- Receber os materiais em obra;

- Conferir todos os materiais, sendo que havia materiais de fixação, como por exemplo, parafusos, que eram de grande quantidade;
- Notificar a fábrica sobre discrepâncias entre o enviado e o recebido;
- Armazenar os materiais;
- Gerir os equipamentos de elevação de carga: caminhão muck e empilhadeira;
- Entregar os materiais para os encarregados de montagem, conforme necessidade.

Somente enumerando as atividades comprovou-se que o técnico de materiais não poderia suportar sozinho enorme demanda de trabalho, pois isso gerava muito retrabalho, ainda mais em um projeto como picos de entregas de materiais, com o recebimento de três carregamentos semanais. Na figura 29 é demonstrado um exemplo do recebimento de materiais, assim como a figura 30 representa a descarga dos materiais com auxílio de empilhadeira.

Figura 29 - Recebimento de materiais de montagem



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 30 - Recebimento de materiais de montagem



Fonte: Elaborado pelo Autor

Através das figuras 29 e 30 é possível notar que também havia a necessidade de apoio de mão de obra para descarga das peças que compõem os transportadores de correia. Desta forma, a equipe de materiais foi reforçada com mais dois colaboradores com a função de ajudantes de materiais. Portanto, diferentemente do que havia sido planejado para o início do projeto, a equipe de materiais precisou ser reforçada, tendo em vista que é um setor crítico para o fluxo de valor da montagem dos transportadores. O começo de toda atividade dá-se pelo recebimento de materiais até a entrega correta para as frentes de trabalho. Com as distâncias maiores devido ao tamanho do projeto, postos avançados de armazenamento de materiais e ferramentas foram criados, para facilitar a entrega desses materiais. Vale ressaltar que o custo do incremento de mais dois colaboradores para o setor, era menor das perdas que ocorriam pela falta dos mesmos.

4.4.3 Engajamento dos envolvidos com a cultura de qualidade e segurança

Um dos maiores desafios ao propor melhorias é a mudança de cultura das pessoas. Lembrando que nem toda melhoria resulta em mudança, sendo a mudança é algo que se mantém, e que os quatro pilares da melhoria são: visão sistêmica, teoria do conhecimento, entendimento da variação de processos e indicadores e psicologia (entendimento das pessoas). Visando a mudança de cultura, foi desenvolvido o Programa de Desenvolvimento de Qualidade e Segurança, premiando as boas ações de qualidade de montagem e segurança, reduzindo os retrabalhos. O programa funcionou no projeto dentro das melhorias sugeridas e o retrabalho e os desvios de montagem foram reduzidos, assim como a qualidade de montagem foi aumentada. Semanalmente o coordenador, supervisor, planejador do contrato e os técnicos de segurança avaliavam as equipes de montagem, divididas por encarregados. A cada 30 dias, após o lançamento da campanha, a equipe com melhor pontuação era premiada, estimulando a cultura de qualidade e segurança. A figura 31 apresenta a cartilha que foi utilizada no projeto, assim como a figura 32, representa a propaganda utilizada para divulgar a campanha entre os colaboradores.

Figura 31 - Cartilha de Pontuação PDQS

CARTILHA DE PONTUAÇÃO			
EQUIPE:	SETOR/LOCAL:	DATA: / /	OBSERVAÇÃO
		HORA:	
DESVIOS OBSERVADOS	PONTUAÇÃO		
	C	N/C	N/A
Uso do Capacete			
Uso do Óculos de Segurança			
Uso da Luva de Segurança			
Uso do Protetor Auricular			
Uso do Respirador Facial			
Uso do Cinto de Segurança para atividades em altura			
Uso da Máscara Contra Covid			
Organização no Ambiente de Trabalho			
Isolamento da Área			
PT - Permissão de Trabalho			
PTA - Permissão de Trabalho em Altura(em caso de atividade em altura)			
APR - Análise Preliminar de Risco			
Equipamentos com check list			
Descarte dos Resíduos Utilizados			
Extintores em atividades a quente			
LEGENDA:			
C= Conforme (1)/ N/A = Não Conforme (-1)/ N/A = Não Aplicável (0)			
Nome:	Função:	Visto:	

Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 32 - Cartaz para divulgação PDQS



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4.4 Melhoria no entendimento do encarregado sobre a montagem dos equipamentos.

A montagem industrial como um todo não possui um referencial teórico com grande variedade e principalmente para a montagem de transportadores de correia. Com o crescimento deste seguimento de montagem, cada vez mais é necessário mão de obra qualificada. No projeto em que o modelo de VSM foi desenvolvido, grande parte da mão de obra não tinha experiências anteriores na montagem dos transportadores, o que gerava retrabalho, principalmente nas fases iniciais do projeto. Do mesmo modo, durante a coleta de dados, foi possível notar que todos os pontos críticos de montagem deviam ser anotados e, posteriormente, compartilhá-los com os demais para servir de aprendizado.

Portanto, após a montagem dos primeiros transportadores, com o conhecimento anotado, foi possível reduzir os retrabalhos de montagem e todo o conhecimento adquirido era compartilhado em reuniões diárias com os encarregados, disseminado para as equipes de montagem. Tais treinamentos diários dos procedimentos de montagem foram importantes para melhoria do entendimento das etapas de montagem. Conforme comentário do supervisor de montagem, responsável pelas equipes de montagem: *“o entendimento teórico diário das atividades auxiliava a comunicação de todos, pois estavam engajados alinhados no que fazer e como fazer”*.

Aprendizados:

- Seguir o passo a passo da topografia;
- Seguir com a montagem o processo de pintura de retoque;
- Verificar a amperagem da prensa para emenda da correia, além do painel elétrico;
- Pedir munck/ guindaste sempre com check list e aterramento;
- Verificar a topografia (nivelamento) no recebimento de galerias e túneis;
- Cuidar as perdas e retrabalhos, pois a borracha de vedação de tampas vem igual a metragem do projeto;
- Analisar sempre no recebimento as tampas, para atentar aos problemas com pintura que podem aparecer.

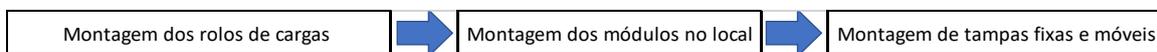
4.5 Elaboração do VSM para o estado futuro

As melhorias do capítulo anterior foram realizadas para o conjunto do intermediário do transportador de correia, pois no mapeamento do estado atual, foi possível notar que era a maior demanda de trabalho e tinha as maiores perdas. Em quatro transportadores de correia, que eram parte restante do projeto de montagem, foram analisados os tempos de ciclos com as melhorias implantadas, sendo a definição do fluxo de valor da montagem dos módulos do intermediário, seguindo os passos da construção do VSM:

1° - Definindo a família de peças, neste caso os módulos de montagem do intermediário do transportador com as melhorias;

2° - Com as melhorias apresentadas através do *Gemba* e do acervo teórico acerca de transportadores, definimos o passo a passo, conforme a figura 33.

Figura 33 - Fluxo de valor da montagem



Fonte: Elaborado pelo Autor

Da mesma forma do que o VSM anterior à produção é controlada pelo coordenador de projetos. Sendo assim definido como gerente do fluxo de valor.

3° - Entendendo os requisitos do cliente: o cliente final segue sendo a cooperativa que adquiriu a compra dos equipamentos e montagem. E a demanda definida através do cronograma do projeto de cada transportador, que na parte intermediária deveria ser entregue no prazo de um mês, ou seja, 176 horas trabalhadas, contabilizando 20 dias no mês. A retirada mensal do cliente será de 48 módulos. Os transportadores são maiores no segundo lote de equipamentos, porém ao invés de utilizar os 53 módulos dos transportadores pelo comprimento, foi utilizado os mesmos 48 módulos para análise. A tabela 11 apresenta o comprimento dos transportadores utilizados para estudo do estado futuro.

Tabela 11 - Lista de equipamentos estado futuro

Equipamento	Comprimento em metros
Equipamento 5	111,3
Equipamento 6	102,4
Equipamento 7	205,6
Equipamento 8	210,5
Tamanho médio do transportadores	158,45

Fonte: Elaborado pelo Autor

- Cálculo do *Takt time*:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Demanda\ do\ cliente}$$

$$Takt\ time = \frac{8,8\ horas}{3\ módulos}$$

$$Takt\ time = 2,93 \frac{horas}{módulos}$$

4° Coletando as informações sobre o processo:

A metodologia de montagem dos transportadores segue dividida em três partes, sendo:

- Montagem dos rolamentos e rolos de cargas;
- Posicionamento dos módulos, com alinhamento e fixação;
- Montagem de tampas e sensores.

4.5.1 Montagem dos rolamentos e rolos de cargas

Com as melhorias apresentadas foi refeita a crono análise para montagem dos transportadores, que segue na tabela 12.

Tabela 12 - Etapa de montagem rolos - estado futuro

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 5	Equip. 6	Equip. 7	Equip. 8	Tempo médio
	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)
Pré montagem de rolamentos e rolos (06 rolos)	1,9	1,8	1,7	1,8	1,8
Montagem dos rolos horizontais e inclinados nos módulos (06 rolos)	2,2	2,3	2,25	2,22	2,235
				Total	4,035

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5.2 Posicionamento dos módulos, com alinhamento e fixação

Devido à localização dos outros quatro transportadores, além do uso de empilhadeira e caminhão Munck, também foi necessário o uso de guindaste de 75 toneladas para içamento dos transportadores nas galerias, segue a crono análise das melhorias, conforme tabela 13.

Tabela 13 - Montagem do intermediário - estado futuro

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 5	Equip. 6	Equip. 7	Equip. 8	Tempo médio
	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)
Alinhamento e montagem dos suportes do transportador	0,18	0,19	0,19	0,18	0,185
Topografia para verificação da montagem dos suportes	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Montagem dos módulos nos suportes	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15
Montagem das talas de emendas dos módulos	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55
				Total	0,955

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5.3 Montagem de tampas e sensores

A crono análise da montagem de tampas e sensores também foi refeita, conforme tabela 14.

Tabela 14 - Montagem de tampas e sensores - estado futuro

Etapas de montagem intermediário - para 01 módulo	Equip. 5 (horas)	Equip. 6 (horas)	Equip. 7 (horas)	Equip. 8 (horas)	Tempo médio (horas)
Montagem de tampas fixas	0,69	0,66	0,65	0,64	0,655
Montagem de tampas móveis	0,18	0,19	0,17	0,19	0,185
Montagem de sensores	0,45	0,45	0,44	0,46	0,45
				Total	1,29

Fonte: Elaborado pelo Autor

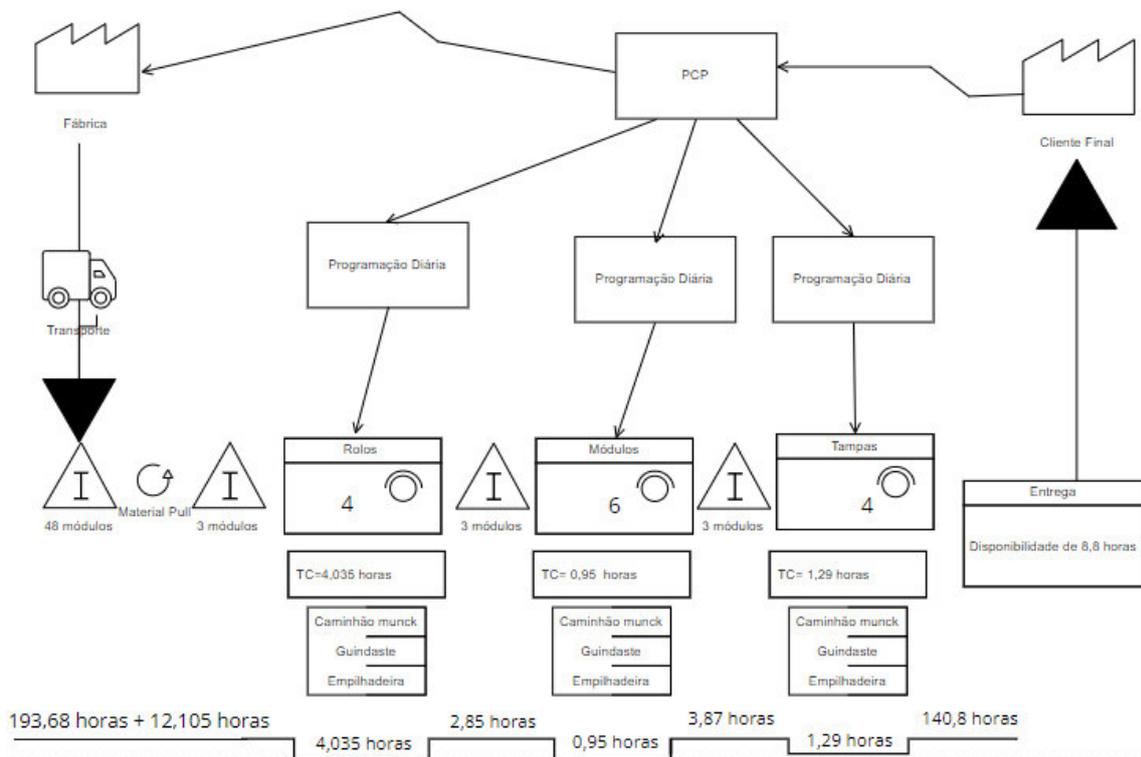
5° Estoques intermediários: o estoque inclui 48 módulos, porém foram realizadas melhorias na gestão dos materiais de aplicação, criando-se postos avançados de armazenamento.

6°e 7° Colocando em perspectiva: Com os dados coletados, é possível desenhar o mapeamento do fluxo de valor.

4.5.4 Mapa do fluxo de valor futuro

Na figura 34, é a representação gráfica da elaboração do VSM para o estado futuro, com as melhorias aplicadas.

Figura 34 - Elaboração do VSM para o estado futuro



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com o VSM do estado futuro pronto, identificamos que o *Lead Time* do processo é de 359,7 horas e a disponibilidade do processo é de 8,8 horas. Tendo que 48 módulos multiplicados por 4,035 horas, resulta no tempo de espera de 193,68 horas, assim segue para 12,105 horas que é resultado da multiplicação de 3 por 4,035 horas. O *Lead Time* do estado atual, antes das melhorias aplicadas foi de 457,84 horas. Deste modo, percebe-se uma redução 98,14 horas, aproximadamente 21% ao tempo inicial.

4.6 Análise dos resultados

Baseado nos dados da figura 22 consolidado do estado inicial o *Lead Time* inicial foi 106,38 horas, e desmembrado na tabela 15.

Na tabela 15, também é possível verificar que a redução do *Lead Time* ocorre para a montagem de todo o transportador de correia, visto as melhorias implementadas para montagem do conjunto intermediário.

Tabela 15 – Montagem de todo o transportador

<i>Lead Time</i>	Estação do Acionamento	Total do intermediário	Montagem da estação de retorno	Passagem da correia	<i>Lead Time</i> (horas)
<i>Lead Time</i> Atual (horas)	35,75	25,38	21,75	23,5	106,38
<i>Lead Time</i> Futuro (horas)	35,75	18,84	21,75	23,5	99,84
Redução em %	0%	26%	0%	0%	6%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os dados da tabela 16, demonstra o *Lead Time* para o mapa do estado atual e para o estado futuro, e com as melhorias aplicadas, na tabela 16 é possível notar a redução do *Lead Time* do processo.

Tabela 16 – Montagem do conjunto intermediário

<i>Lead Time</i>	Estoque	Etapa de montagem rolos	Estoque	Montagem do Módulo intermediário	Estoque	Montagem de tampas e sensores	Estoque	<i>Lead Time</i> Total (horas)
<i>Lead Time</i> Atual (horas)	300,9	5,9	3,57	1,19	4,11	1,37	140,8	457,84
<i>Lead Time</i> Futuro (horas)	205,905	4,035	2,85	0,955	3,87	1,29	140,8	359,7
Redução em %	32%	32%	20%	20%	6%	6%	0%	21%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Outro ponto importante para análise é do valor agregado, *Lead time* do estado atual de 8,46 horas. E para o estado futuro é de 6,27 horas com as melhorias aplicadas. Na figura 24, é apresentado o *Lead Time* do mapa atual de 457,84 horas, já na figura 34 se tem como resultado um *Lead Time* do mapa do estado futuro de 359,7 horas. Conforme a equação 02, segue os resultados do percentual de agregação de valor na equação 8 para o estado atual, e equação 9 para o estado futuro.

$$\text{Valor Agregado em percentual (\%)} = \frac{8,46}{457,84} = 1,84 \%$$

Equação 8 - Valor Agregado em Percentual para Estado Atual

$$\text{Valor Agregado em percentual (\%)} = \frac{6,27}{359,7} = 1,74 \%$$

Equação 9 - Valor Agregado em Percentual para Estado Futuro

Considerando para o VSM sendo aplicado em todo o transportador temos que a redução no *Lead Time* do conjunto intermediário, gera o valor agregado em percentual para o estado atual, e futuro com base somente nas melhorias realizadas no intermediário. Sendo que o *Lead Time* para o estado atual é de 106,38 horas, e para o estado futuro seria de 99,84 horas.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através da análise dos resultados foi possível perceber que as oportunidades e ações foram referentes à gestão organizacional e não técnica, devido ao baixo nível de gestão apresentado, que segundo o relato de Womack (2015), o percentual de perdas antes de se entrar na operação técnica é muito maior que a própria operação técnica. A constatação de não existirem ações técnicas denota a falta de maturidade da equipe ao não enxergar possibilidades de melhorias em suas tarefas. Durante uma montagem industrial faz-se necessário uma engenharia de métodos e processos atuantes, trabalhando em conjunto com os executores para ter uma melhoria contínua dos métodos, materiais e ferramentas.

Segundo Adryanto (2021), a utilização da cultura *Lean*, visa melhorar a eficiência do projeto no setor operacional, reduzindo o tempo de duração das atividades e do custo da mão de obra, sendo que o VSM auxilia a identificar as perdas ao longo do fluxo de valor.

Cada vez mais o setor de montagem industrial será requisitado, principalmente na montagem de transportadores de correia, fazendo com que seja necessário mais conhecimento teórico, para alinhar ao prático. Tendo como base a diminuição das perdas durante o processo de montagem mecânica dos transportadores, o mapeamento do fluxo de valor auxiliou no conhecimento do processo a todos os envolvidos, assim como o modelo teórico desenvolvido durante a fase de montagem da expansão do terminal da cooperativa localizada em Paranaguá/PR, tiveram resultados comprovados quanto ao auxílio na eficácia.

A necessidade do mapeamento do fluxo de valor foi escolhida devido à baixa produtividade encontrada durante a montagem dos quatro primeiros transportadores de correia, no qual o *Lead Time* era de 457,84 horas, conforme figura 24. Além disso, havia muitas perdas que geravam retrabalhos constantes, por falhas de informações que necessitavam de ajustes.

Assim, o maior desafio quando são necessárias mudanças é o trabalho com as pessoas. Desta forma, o maior desafio do *Lean* é mudar a cultura da

empresa. Para ocorrer a mudança na forma que os colaboradores executavam suas tarefas no quesito qualidade, foi criada uma campanha que premiasse e motivasse os mesmos. Portanto, o PQDS (Programa de Desenvolvimento de Qualidade e Segurança) foi importante para a modificação da cultura da aplicação de qualidade na montagem, reduzindo os retrabalhos, que causavam perda de qualidade e aumento do *Lead Time*. Os retrabalhos foram reduzidos em 45% com as mudanças aplicadas. Segundo Schein (1986), a mudança ou transformação da cultura organizacional é possível, mas encontra muita resistência e fatores inibidores, contrários a ela. Já para Womack (2015) é preciso uma mudança de cultura baseada no comportamento da organização, para utilizar ferramentas do *Lean*. Este estudo foi ao encontro do que ao que Schein (1986) e Womack (2015) comentam sobre mudanças de cultura, pois foram encontradas dificuldades para implementar as mudanças, porém a mudança de cultura baseada no comportamento da organização, conseguiu atingir as melhorias necessárias para atingir o objetivo que auxiliou na eficácia da montagem. O início das mudanças em geral tem barreiras, mas podem ser superadas. Visto que foi possível melhorar a segurança do trabalho dentro do projeto, apesar de muitos desvios de segurança serem percebidos pelos técnicos de segurança durante a montagem dos equipamentos. Conforme mencionado pelo técnico de segurança do projeto: “*os colaboradores conseguiram ter maior percepção da importância da segurança do trabalho para si*”.

A criação de um procedimento interno de montagem dos equipamentos auxiliou os encarregados numa melhor compreensão o processo, melhorando os índices. Como mencionado anteriormente o setor de montagem de transportadores de correia, não possui um vasto número de mão de obra, assim, os encarregados de montagem do projeto vinham com a experiência de montagem de outros equipamentos, demorando a entender o processo de montagem dos transportadores de correia que contém suas particularidades. E os erros de montagem por falta de experiência e entendimento causavam muitos retrabalhos.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho auxiliou na eficácia da montagem dos transportadores de correia, visto que o VSM atual teve um *Lead Time* de 457,84 horas e com as melhorias aplicadas o processo de montagem apresentou um *Lead Time* de 359,7 horas. As mudanças apresentadas possibilitaram que os índices de montagem se aproximassem ou fossem melhores que os índices utilizados no momento do orçamento do projeto. Desta forma, a empresa montadora que fez parte do estudo pode ajustar seus índices de montagem, sabendo que, por exemplo, o reforço na mão de obra do setor de materiais faz-se necessário, assim como o setor de planejamento precisa de mais recursos para conseguir conciliar o que foi planejado com o que é realizado.

Após a montagem de 14 equipamentos no projeto, nos 04 últimos que faziam parte do corredor de exportação, a redução do *Lead Time* foi de 21%. Através da diminuição do *Lead Time* é possível abater custos, otimizar a montagem e aumentar a satisfação na entrega. Além da melhoria na qualidade da entrega, também foi refletida na segurança do trabalho, visto que em empresas de montagem industrial, nas quais a mão de obra direta em sua grande maioria é temporária, agregar a cultura da empresa e do *Lean* torna-se mais difícil do que, por exemplo, em fábricas.

A pesquisa deste estudo começou com o entendimento o processo de montagem dos equipamentos, que foi fundamental para avançar na próxima etapa para a adequação do VSM do estado atual, que após análise dos índices de montagem no Gemba, notou-se que precisava de melhorias. Para a montagem do VSM do estado futuro foi necessário verificar a implementação das ações propostas como melhorias para diminuir o *Lead Time* do processo, tais melhorias contribuíram para demonstrar que o VSM auxilia como suporte na eficácia da montagem dos transportadores de correia.

O principal problema apresentado neste estudo trata-se entender como conciliar o planejamento do projeto com a sua execução, visto que o não cumprimento do que foi planejado acarreta prejuízos financeiros para as empresas responsáveis pela montagem dos equipamentos, tendo em vista que as empresas que fabricam e fornecem os transportadores de correia também

são afetadas quando isso ocorre. Assim, tendo um fluxo do processo com menores perdas é possível agregar valor para todos, inclusive o cliente final que depende dos equipamentos para escoar e armazenar seu produto.

A literatura que aborda a relação entre montagem industrial e *Lean Manufacturing* é reduzida, de tal modo que este estudo pode mostrar que a ferramenta do *Lean* auxilia na eficácia das montagens. A cultura *Lean* vai muito além da aplicação de suas ferramentas, pois é responsável por uma mudança geral na empresa, na qual todos os envolvidos devem estar cientes da sua importância e engajarem-se no propósito de melhoria.

Outro ponto interessante pode ser identificado após a coleta de dados para a construção do mapeamento do fluxo de valor. Foi alcançado o levantamento dos índices para os próximos orçamentos que envolvam transportadores de correia enclausurados. Tais índices de montagem serão considerados aplicando as melhorias deste projeto, deste modo tornando a empresa de montagem eletromecânica mais competitiva em um mercado cada vez mais acirrado.

Com as melhorias propostas foi possível verificar que o ambiente de trabalho no projeto ficou muito mais agradável, pois os setores que tiveram as mudanças implantadas não tinham tanta sobrecarga de trabalho, como, por exemplo, o setor de materiais e assim reduziram-se os retrabalhos e o estresse gerado pela forma errada de executar as tarefas. Na fase de orçamentos, a montadora teve seu foco no quantitativo de mão de obra para execução das atividades e falhou no quantitativo da mão de obra de apoio, sendo a responsável por organizar as frentes de trabalho.

Para futuros trabalhos, tendo esta dissertação como referência, é possível aplicar o VSM para o estado atual de análise de montagens industriais de equipamentos que não sejam transportadores de correia, aplicando as melhorias propostas nesta análise, gerando um estado futuro, que se relacione com indústria 4.0 durante a montagem industrial para melhorias nos índices de montagem.

7. REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9000/2015 - Sistema de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

ANDRYANTO, Aristo; VANANY, Iwan. Application of Value Stream Mapping on Operating Project Business Process at Nickel Mining Industry. IPTEK Journal of Proceedings Series, n. 6, p. 296-301, 2021.

BORGES, A. C. Topografia aplicada a Engenharia Civil vol. 1. 2ª ed. Blucher, 1992, São Paulo.

CAMPOS, André Luiz Romero Fernandes. Dimensionamento de um transportador contínuo inclinado de esteira côncava aplicado ao transporte de minério de bauxita considerando aspectos estáticos e dinâmicos. 2013.

Coleção SENAR – 216. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café.** Livro Virtual, 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/216-ARMAZENAMNTOS-GR%C3%83OS.pdf> Acessado em> 07/12/2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas. Brasília, DF: Conab, 2021. 197 p. Organizadores: MACHADO JÚNIOR, Paulo Cláudio; REIS NETO, Stelito Assis dos.

DENNIS, Pascal. Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System. CRC Press, 2016.

DOMINGUES, F. A.A. Topografia e Astronomia de posição para Engenheiros e Arquitetos. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979.

ESPARTEL, L. Curso de Topografia. 9ª ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S. A. Manual de transportadores contínuos. 3ª edição. 300 p. Brasil. 1981.

FM2S. VSM - Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor). In: VSM - Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor). Online. Campinas/SP: FM2S, 2021. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/>. Acesso em: 29 nov. 2021.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

GAVI, Jones. Manual de inspeção e manutenção de correias transportadoras. Vitória, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIRALDELI A. L. **Qual o teor de umidade de armazenamento da soja?** Lavoura 10, Abril., 2020: Revista, Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/umidade-de-armazenamento-da-soja/> Acessado em> 07/12/2021

GODINHO FILHO, Moacir; FERNANDES, Flavio César Faria. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, v. 11, p. 1-19, 2004.

GOMES, L. C. Avaliação da Contribuição das Técnicas do Sistema Toyota de Produção para os objetivos estratégicos das Empresas. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia. UFRGS. Porto Alegre, 2001.

GONÇALVES, Juliana Maria Silva; SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Cláudia Fabiana. Uma análise das publicações sobre produção enxuta nos principais periódicos nacionais de Engenharia de Produção. **Produção em Foco**, v. 3, n. 2, 2013.

GORDON, Gregg. **Lean Labor: A Survival Guide for Companies Facing Global Competition**. Kronos Publishing, 2011.

HOFRICHTER, Markus. Título: VSM - Value Stream Mapping: como fazer, passo a passo. Simplíssimo, 2017. 35.

JASTI, Naga Vamsi Krishna; SHARMA, Aditya. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: A case study from auto components industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2014.

KNIBERG, Henrik; SKARIN, Mattias; DAVID, A. Kanban e Scrum obtendo o melhor de ambos. **Estados Unidos: C4Media Inc**, 2009.

KNOEPPPEL, Charles E. et al. Installing Efficiency Methods. 1. ed. The Engineering Magazine: [s. n.], 1918. 258 p. v. 1.

KRONOS, I. (2007), Overall Labor Effectiveness (OLE): Achieving a Highly Effective Workforce. *Industry Week*, v.257, n.7, p. 53.

MARODIN, Giuliano Almeida; SAURIN, Tarcisio Abreu. Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 22, p. 6663-6680, 2013.

OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala; trad. **Cristina Schumacher.: Porto Alegre, RS: Artes Médicas**, 1997.

PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe; DO CARMO, Breno Barros Telles; PORTO, Arthur José Vieira. Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão. **Sistemas & Gestão**, v. 4, n. 2, p. 155-181, 2009.

ROMAN, Darlan José et al. Lean Service: Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma organização de serviços. **Revista Gestão Industrial**, v. 9, n. 4, 2014.

ROTHER, M. AND J. SHOOK. 1999. Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda, Lean Enterprise Institute, Brookline, MA

SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Cláudia Fabiana; DOS SANTOS, Eder Jonis. Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para a implantação da produção enxuta na fabricação de fios de cobre. **Revista Gestão Industrial**, v. 7, n. 4, p. 118-139, 2011.

Schein, Edgar H. What you need to know about organizational culture. **Training and Development Journal**, January, 1986.

SHINGO, S. Sistema Toyota de produção: do ponto-de-vista de engenharia de produção. Porto Alegre: Bookmann, 1996.

STADNICKA, Dorota; RATNAYAKE, RM Chandima. Minimization of service disturbance: VSM based case study in telecommunication industry. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 12, p. 255-260, 2016.

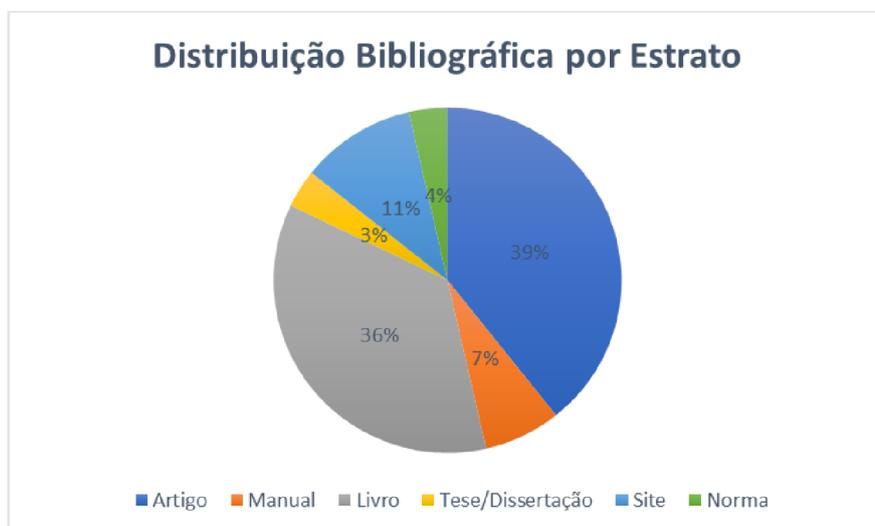
VALAMEDE, Luana Sposito; AKKARI, Alessandra Cristina Santos; CRISTINA, Alessandra. Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. **International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences**, v. 5, n. 5, p. 851-868, 2020.

VINODH, S.; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organisation. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2010.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together**. Simon and Schuster, 2015.

7.1 Referências por estrato

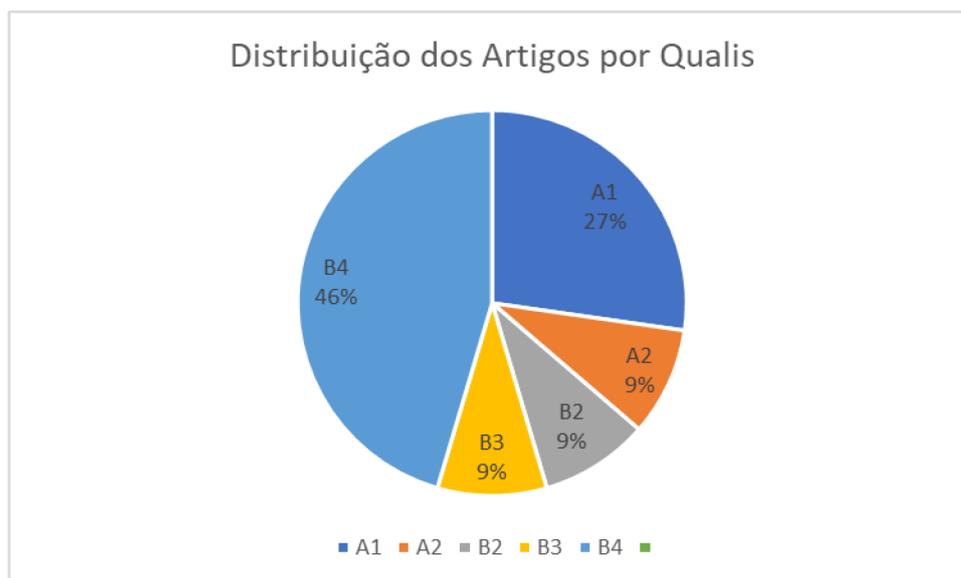
Figura 35 - Distribuição Bibliográfica por Estrato



Fonte: Elaborado pelo Autor

7.2 Referências por qualis

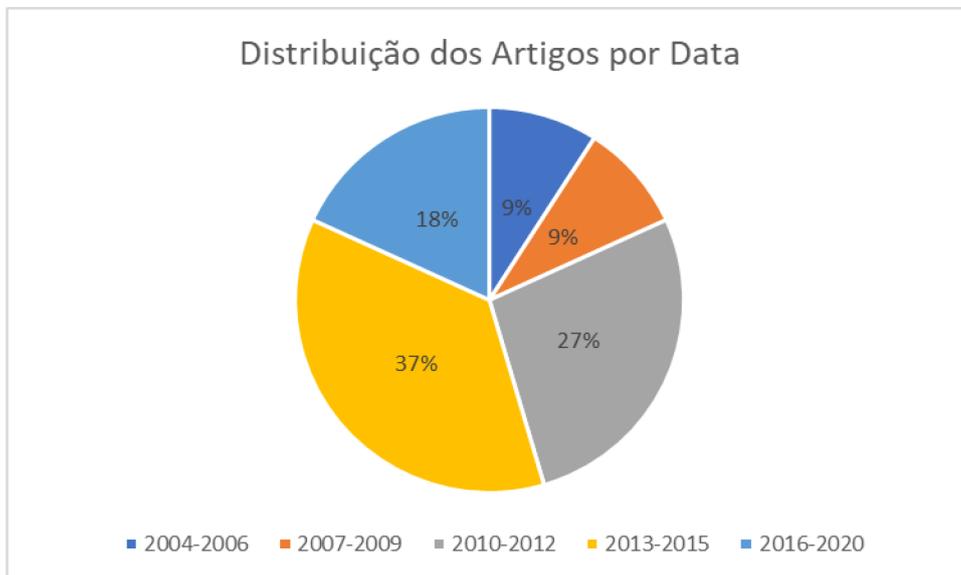
Figura 36 - Distribuição dos Artigos por Qualis



Fonte: Elaborado pelo Autor

7.3 Referências por data de artigos

Figura 37 - Distribuição dos Artigos por Data



Fonte: Elaborado pelo Autor